La biodiversidad en la

Ciudad de México

Volumen II



La biodiversidad en la Ciudad de México

Primera edición, 2016

ISBN CONABIO OBRA COMPLETA: 978-607-8328-71-0
ISBN CONABIO VOLUMEN: 978-607-8328-73-4
ISBN SEDEMA OBRA COMPLETA: 978-607-9206-01-7
ISBN SEDEMA VOLUMEN: 978-607-9206-03-1

Forma de citar:
Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) y Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal (SEDEMA). 2016. *La biodiversidad en la Ciudad de México*. CONABIO/SEDEMA. México.

Coordinación y seguimiento general CONABIO[1] y SEDEMA[2]:
Andrea Cruz Angón[1]
Juan Arturo Rivera Rebolledo[2]
Edith Georgina Cabrera Aguirre[2]
Erika Daniela Melgarejo[1]
Héctor Perdomo Velázquez
Ana Victoria Contreras Ruiz Esparza

Compilación y edición técnica y científica:
CONTEXTO FÍSICO: Silke Cram Heydrich y María del Pilar Fernández Lomelín; **CONTEXTO HISTÓRICO Y SOCIAL**: José Antonio Rosique y Sergio Alejandro Méndez Cárdenas; **MARCO INSTITUCIONAL Y NORMATIVO**: Salvador Muñúzuri Hernández y Javier Riojas Rodríguez; **DIVERSIDAD DEL PASADO**: Joaquín Arroyo Cabrales y Felisa Josefina Aguilar Arellano; **DIVERSIDAD DE HONGOS Y PLANTAS**: Rafael Torres Colín; **DIVERSIDAD DE INVERTEBRADOS**: Zenón Cano Santana, Víctor López Gómez e Iván Castellanos Vargas; **DIVERSIDAD DE VERTEBRADOS**: Uri Omar García Vázquez; **DIVERSIDAD GENÉTICA**: Guadalupe Méndez Cárdenas; **SERVICIOS ECOSISTÉMICOS**: Lucia Oralia Almeida Leñero; Irene Pisanty Baruch y Teresa González Martínez; **EXPERENCIAS Y OPORTUNIDADES DE CONSERVACIÓN**: Juan Arturo Rivera Rebolledo y Guadalupe Méndez Cárdenas; **HACIA LA ESTRATEGIA**: Oscar Báez Montes y Andrea Cruz Angón.

Corrección de estilo:
José Pulido Mata, Erika Daniela Melgarejo, Karla Carolina Nájera Cordero, Héctor Perdomo Velázquez, Jessica Valero Padilla.

Diseño y formación:
Vianney González Luna, Víctor Manuel Martínez Beltrán.

Gráficas: Vanessa Guadalupe Ramos Urzúa.

Cartografía:
Leonardo Calzada Peña, Jessica Valero Padilla y Diego David Reygadas Prado.

Cuidado de la edición:
Vianney González Luna, Erika Daniela Melgarejo, Karla Carolina Nájera Cordero, Andrea Cruz Angón, Héctor Perdomo Velázquez, Jessica Valero Padilla, Jorge Cruz Medina.

Revisión técnica de textos[3] y listados de especies[4]:
Esteban Benítez Inzunza[3], Oscar Báez Montes[3], Karla Carolina Nájera Cordero[3], Elizabeth Campos Sánchez[3], María Elena García Granados[3], Rafael Eduardo Pompa Vargas[3], Gonzalo Pino Farias[3], Ana Laura García López[3], Sara González Pérez[3], Saúl López Alcaide[3], Ramón Cecaira Ricoy[3], Inti Burgos Hidalgo[3], Yajaira García Feria[3], María Zorrilla Ramos[3], Ana Victoria Contreras Ruiz Esparza[3], Héctor Perdomo Velázquez[3,4], Raúl González Salas[4], Martha Alicia Reséndiz López[4], Susana Ocegueda Cruz[4], Dulce Parra Toris[4], Margarita Hermoso Salazar[4], Claudia Sarita Frontana Uribe[4], Alberto Romo Galicia[4], Diana Hernández Robles[4] y Adriana Iraní Hernández Abundis[4].

Agradecimientos: El Gobierno de la Ciudad de México a través de la Secretaría del Medio Ambiente (SEDEMA) y la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), expresan su reconocimiento a todas aquellas instituciones y personas que colaboraron en la elaboración del presente Estudio de Estado, en particular a Fernando Camacho, María Alejandra González Gutiérrez, Martha Beatriz Vega Rosales, Javier Riojas Rodríguez y José Francisco Bernal Stoopen, quienes estuvieron involucrados en etapas iniciales de la elaboración de esta obra.

Fotografías de la portada:
Gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*) de Manuel Grosselet/Banco de Imágenes CONABIO.
Hombre en Xochimilco de Adalberto Ríos Szalay/Banco de Imágenes CONABIO.
Maguey (*Agave salmiana*) de Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de Imágenes CONABIO.
Mariposa cometa (*Pterourus multicaudatus*) Carlos Enrique Galindo Leal/Naturalista.

Impreso y hecho en México
Printed and made in Mexico

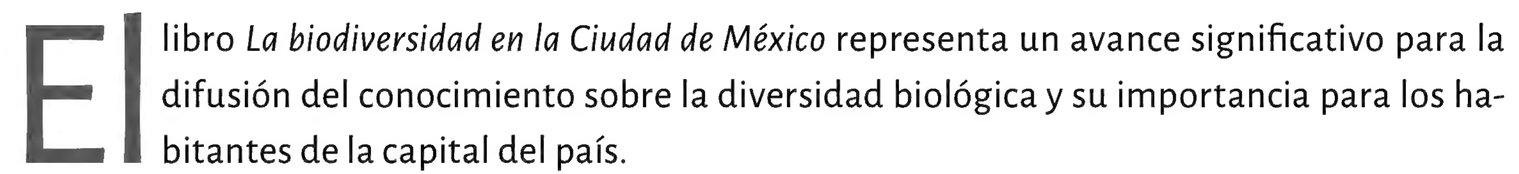
---

[1] Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad
[2] Secretaría de Medio Ambiente del Distrito Federal

La biodiversidad en la Ciudad de México

Presentación

Dr. José Sarukhán Kermez
Coordinador Nacional de la CONABIO



El libro *La biodiversidad en la Ciudad de México* representa un avance significativo para la difusión del conocimiento sobre la diversidad biológica y su importancia para los habitantes de la capital del país.

La obra contiene la información, más confiable y actualizada hasta el momento, sobre la situación actual del patrimonio biológico de la entidad. Las distintas personas de la estructura gubernamental, la academia y la sociedad civil de la ciudad podrán consultarla y utilizarla como elemento base para tomar decisiones, diseñar estrategias de planeación y realizar nuevas investigaciones, aplicadas o básicas, en beneficio del desarrollo sustentable de esta entidad.

Este *Estudio de Estado de la Biodiversidad* es una "fotografía instantánea" del conocimiento y estado de conservación de la biodiversidad en la entidad, por lo que será necesario mantener los esfuerzos para continuar incrementando el conocimiento del capital natural de la ciudad, conforme éste se va produciendo, así como para implementar acciones que ayuden a su conservación y utilización sustentable para beneficio no sólo de las personas dueñas de las áreas donde se encuentra ese capital natural, sino de toda la sociedad.

Tengo la seguridad de que las instituciones locales darán continuidad a los esfuerzos para incrementar el conocimiento sobre la biodiversidad, la identificación y el registro de los cambios, y apoyarán la difusión de esta obra; sólo de esta manera se aplicará y será de utilidad para las instituciones gubernamentales y para los habitantes de la ciudad.

Cabe resaltar que esta obra es un eslabón fundamental para la elaboración e instrumentación de la *Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad en la Ciudad de México*, la cual tiene como objetivo fundamental establecer las prioridades para conservar y hacer uso racional del capital natural, incluidos los servicios ambientales que ese capital provee en beneficio de la sociedad de esta entidad.

La Ciudad de México es una entidad de avanzada en materia de derechos humanos. Las recientes reformas constitucionales que han dado el estatus de estado al anterior Distrito Federal, ahora Ciudad de México, abren una excelente ventana de oportunidad para reformar y armonizar el marco normativo de esta entidad e integrar de una manera más significativa consideraciones de conservación y uso sustentable de la biodiversidad en las políticas públicas. La formulación de una constitución para la entidad 32 de México propiciará circunstancias favorables para asegurar que la conservación de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos presentes en la ciudad se integren como un derecho de los capitalinos a un ambiente sano, tal como lo marca el artículo 4º de nuestra Carta Magna.

La biodiversidad en la Ciudad de México proporciona argumentos que deben ser tomados en cuenta para este proceso de reformas políticas que encarará la ciudad en un futuro próximo.

Agradecemos el compromiso y dedicación de los más de 170 autores pertenecientes a 31 instituciones y organizaciones estatales, nacionales e internacionales, sin los cuales no hubiera sido posible la elaboración de este libro, los felicitamos por la consumación de este gran esfuerzo.

Este volumen es un valioso legado para el conocimiento y estado de la biodiversidad, fundamental para la valoración y conservación del capital natural de la Ciudad de México.

Mensaje

Dr. Miguel Ángel Mancera Espinosa
Jefe de Gobierno de la Ciudad de México

La Ciudad de México se encuentra inmersa en la cuenca de México, región sumamente heterogénea cultural, ecológica y biológicamente. Es un lugar privilegiado que posee gran diversidad de ecosistemas en los que habitan miles de especies de vida silvestre, muchas de ellas endémicas, es decir, que únicamente se distribuyen de manera natural en esta región.

El Gobierno de la Ciudad de México firmó un convenio marco de colaboración con la CONABIO a finales del 2009 que fue ratificado en el 2014, con el objetivo de desarrollar políticas públicas orientadas al conocimiento, conservación y uso sustentable de la biodiversidad de la Ciudad de México. A raíz de este convenio, inició la elaboración de *La biodiversidad en la Ciudad de México*.

La presente obra refrenda el compromiso de la ciudad de dirigir todos sus esfuerzos a detener y revertir el deterioro de los ecosistemas y la pérdida de las especies que los habitan.

Como Jefe de Gobierno de la Ciudad de México, es para mí un honor presentar, por primera vez, el diagnóstico más completo y actualizado sobre la diversidad biológica de esta entidad: *La biodiversidad en la Ciudad de México*.

Esta obra representa el esfuerzo sin precedentes de cerca de 171 autores, 31 instituciones mexicanas y extranjeras: academia, sociedad civil, gobierno de la ciudad y gobierno federal, todos especialistas del más alto nivel.

Es importante señalar que por primera vez a nivel nacional, se dedica un capítulo de este estudio a la valoración de los beneficios que la ciudadanía obtiene de sus ecosistemas (servicios ecosistémicos), lo que toma mayor relevancia en una gran urbe como la Ciudad de México.

A lo largo de tres volúmenes, se describe detalladamente el contexto físico, socioeconómico y normativo, así como la diversidad de flora y fauna en sus diferentes niveles de organización (ecosistemas, genes y especies), también se abordan las estrategias y oportunidades de conservación en la ciudad, lo cual constituye un parteaguas en el conocimiento, uso sostenible y conservación de su patrimonio.

La biodiversidad en la Ciudad de México proporciona las bases necesarias para la correcta gestión de los recursos naturales de esta entidad, y es el primer paso hacia la elaboración de la *Estrategia para la Conservación y el Uso Sustentable de la Biodiversidad en la Ciudad de México* y su plan de acción de la Ciudad de México, instrumentos que orientarán el desarrollo de las políticas públicas hacia la conservación de esta rica diversidad biológica.

Expreso mi mayor agradecimiento a todas y cada una de las personas que compartieron su experiencia y conocimiento en la elaboración de la presente obra.

Contenido

Volumen II

Introducción

Introducción

Volumen II

Andrea Cruz Angón
Héctor Perdomo Velázquez

En la introducción del volumen I la diversidad es definida como toda la variedad de las especies vivientes (plantas, animales, hongos, protozoarios y bacterias), así como los diversos ecosistemas donde dichas especies habitan e interactúan y la variabilidad genética que estas poseen (CDB 1992).

En este segundo volumen de *La biodiversidad en la Ciudad de México* se presenta, de forma sintética, buena parte de la información con la que se cuenta hasta el momento sobre estos tres niveles de biodiversidad. El objetivo es poner a disposición de un público amplio, una descripción de los principales ecosistemas (sección 5), grupos biológicos (sección 6) y algunas experiencias en el conocimiento de la diversidad genética (capítulo 7) en la entidad.

El concepto de ecosistema

La sección 5 de este volumen refiere los principales tipos de vegetación registrados en la entidad y su composición florística, como una aproximación al conocimiento de la diversidad de ecosistemas de la Ciudad de México. De manera estricta un tipo de vegetación no es equivalente a un ecosistema, ya que éstos últimos integran tanto a los elementos bióticos (plantas, animales, hongos y microrganismos) presentes en un lugar y tiempo determinados; sus interacciones y los factores abióticos que los influyen. Sin embargo los tipos de vegetación han sido utilizados como buenos descriptores generales de los ecosistemas (Begon *et al.* 2006).

El término de "ecosistema" es la contracción de los términos: sistema ecológico; fue acuñado por Sir Arthur Tansley, (Hutchings *et al.* 2012). Tansley utilizó este término para integrar en un mismo "sistema" tanto a los elementos bióticos que interactúan en un ambiente dado, como a los factores físicos que los afectan (Tansley 1935). El concepto de ecosistema se estableció como una aproximación teórica que permitiera entender estos sistemas altamente complejos. Cabe señalar, que al igual que el concepto de especies —como se verá más adelante—, es un término que no se ha librado de controversias, discusiones científicas y filosóficas constantes (Gignoux *et al.* 2011).

El Convenio sobre la Diversidad Biológica (CDB) establece que los ecosistemas son: "un complejo dinámico de comunidades vegetales, animales y de microorganismos y su medio no viviente que interactúan como una

Cruz-Angón, A. y H. Perdomo-Velázquez. 2016. Introducción. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.13-16.

unidad funcional" (CDB 1992). La anterior es una definición relativamente sencilla y que ha sido aprobada por los 196 países firmantes del Convenio.

El concepto de especie

La sección 6 describe la diversidad de especies presentes en el estado. La especie es el nivel más conocido de la biodiversidad y es la unidad básica de la clasificación taxonómica (Levin 1979, Mayden 1997).

Una definición común del término "especie" puede ser: grupos de poblaciones que se entrecruzan y tienen descendencia fértil, que comparten una serie de rasgos distintivos y que evolucionan de forma separada de otros grupos (concepto biológico de especie, Mayr 1942). Sin embargo, esta definición no toma en cuenta a las especies que no tienen reproducción sexual, como muchos microorganismos (bacterias y otros). Es muy difícil establecer un concepto universal de especie debido a la amplia gama de formas en las que se expresa la vida en la Tierra. Por ejemplo, para definir a los organismos eucariontes, es decir a aquellos cuyas células poseen un núcleo delimitado por membranas, se han identificado al menos 22 conceptos distintos de "especie" (Rosselló-Mora y Amann 2001). Existen conceptos de especie de acuerdo con el enfoque disciplinario con el que se trabaje (Perfectti 2002), por ejemplo el biológico (Mayr 1942), el evolutivo (Simpson 1961, Wiley 1981, Templeton 1989), el filogenético (Cracraft 1989) y el ecológico, entre otros (Mayden 1997, Brent, 1999).

Los seres vivos y las maneras de clasificarlos

El sistema de clasificación actual de los seres vivos fue desarrollado por Carlos Linneo (1758). Está conformado por siete categorías jerárquicas principales y varias subcategorías incluyentes: 1) Reino, 2) Phyllum o División, 3) Clase, 4) Orden, 5) Familia, 6) Género y 7) Especie. Esta clasificación establece un sistema binomial, que nombra a las especies con un epíteto genérico (comúnmente se le llama: género) y un epíteto específico (o especie) (Figura 1). La ventaja de este sistema es que se evitan confusiones que pueden darse al utilizar nombres comunes, ya que estos pueden variar de acuerdo al lugar, la cultura y el idioma. En los textos técnicos o científicos, para nombrar a las especies siempre se usa el sistema binomial propuesto por Linneo. En la presente obra "La Biodiversidad en la Ciudad de México: Estudio de Estado" los autores hicieron un esfuerzo muy grande para utilizar tanto la nomenclatura científica (sistema binomial), como el nombre común de las especies, con el fin de facilitar la identificación de los organismos a los lectores no familiarizados con textos técnicos.

En la sección de Diversidad de Especies el lector podrá encontrar información de los principales grupos biológicos, comenzando por los microrganismos y terminando con los vertebrados. De manera breve se describen sus principales características, se analizan los patrones de diversidad y distribución en el estado, se describe su importancia, ya sea

	Reino	Plantae	Animalia
Clasificación taxonómica	Phyllum o División	Magnoliophyta	Craniata
	Subphyllum	-	Vertebrata
	Clase	Magnoliopsida	Mammalia
	Subclase	Dilleniidae	-
	Orden	Nymphaeales	Lagomorpha
	Familia	Nymphaeaceae	Leporidae
	Género	*Nymphaea*	*Romerolagus*
	Especie	*Nymphaea mexicana*	*Romerolagus diazi*
	Autoridad taxonómica	Zuccarini, 1870	Fernando Ferrari Pérez, 1893

Figura 1. Clasificación taxonómica de dos especies que se distribuyen en la Ciudad de México consultadas en EncicloVida de CONABIO. La cabeza de negro (*Nymphaea mexicana*) es una planta acuática habitante de los hábitats lacustres de la ciudad y el zacatuche o conejo de los volcanes (Romerolagus diazi) es endémico de las laderas medias del Popocatépetl, Iztaccíhuatl y lomas que rodean la cuenca de México. Ambas especies se encuentran enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, la cabeza de negro como amenazada y el zacatuche como especie en peligro de extinción. Fotos: Carlos Gerardo Velazco Macías /Banco de imágenes CONABIO y Yajaira García, respectivamente.

ecológica, económica o cultural, así como los vacíos existentes en su conocimiento y los principales retos y oportunidades de conservación, entre otros temas relevantes.

Diversidad genética

La información capaz de asegurar la permanencia de los seres vivos a través del tiempo está contenida en los genes de cada individuo. Éstos definen las formas de vida tan distintas en el planeta. La sobrevivencia de las especies ante cambios drásticos del medio ambiente depende en gran parte de la diversidad genética presente en sus poblaciones; ésta es la base para la evolución y la selección natural (UNESCO 2015). En la sección 7 de este volumen, el lector podrá encontrar algunos casos de estudio que documentan estudios genéticos de plantas importantes económica y culturalmente como el maíz (*Zea mays*), hasta algunos animales como la lagartija escamosa de mezquite (*Sceloporus grammicus*).

Para este nivel de estudio de la biodiversidad, los ejemplos son relativamente escasos, por lo que en un futuro cercano debería buscarse ampliar la base del conocimiento de la diversidad genética de otras especies

presentes en la entidad, con la finalidad de proponer acciones para conservar y usar sustentablemente el acervo genético de las mismas.

Finalmente, la información contenida en este volumen es una fotografía "instantánea" de la vasta diversidad presente en la Ciudad de México. En el futuro deberán conjuntarse esfuerzos de las personas expertas y las instituciones para revisar y actualizar la información que aquí se presenta.

Referencias

Begon, M., C.R. Townsend, J.L. Harper. 2006. *Ecology from individuals to ecosystems*. Inglaterra. Blackwell Publishing.

Brent D. 1999. Getting Rid of Species? En: R. Wilson (Ed.). Species: *New Interdisciplinary Essays*. MIT Press.

CDB. *Convenio sobre la Diversidad Biológica*. 1992. <*http://www.cbd.int/convention/articles/?a=cbd-02*>, última consulta: 17 de febrero de 2016.

Cracraft, J. 1989. "Speciation and its ontology: the empirical consequences of alternative species concepts for understanding patterns and processes of diferentiation". Pp. 28-59. En: D. Otte y J.A. Endler (Eds.): *Speciation and its Consequences*. Sinauer, Sunderland, MA.

EncicloVida. 2016. Comisión Nacional para la Conservación y Uso de la Biodiversidad. En: <*www.bios.conabio.gob.mx*>, última consulta: 22 de febrero de 2016.

Gignoux, J., I.D. Davies, S.R. Flint y J.D. Zucker. 2011. "The Ecosystem in Practice: Interest and Problems of an Old Definition for Constructing Ecological Models". Ecosystems 14:1039–1054.

Hutchings, M.J., D.J. Gibson, R.D. Bardgett, *et al*. 2012. "Tansley's vision for Journal of Ecology, and a Centenary Celebration". *Journal of Ecology* 100: 1–5.

Levin, D. A. 1979. "The nature of plant species". *Science* 204:381-384.

Mayr, E. 1942. *Systematics and the Origin of Species from the Viewpoint of a Zoologist*. New York: Columbia University Press.

Mayden, R.L. 1997. "A hierarchy of species concepts: the denouement in the saga of the species problem". En: Hawah M.F. y Wilson M.R (editors). Species: the units of biodiversity. Chapman and Hall, London.

Perfectti, F. 2002. "Especiación: modos y mecanismos" En Soler M., Evolución: *La base de la biología*. Proyecto Sur, España.

Rosselló-Mora, R., Amann, R. 2001. The species concept for prokaryotes. *FEMS Microbiological Reviews* 25:39-67

Simpson, G.G. 1961. *Principles of Animal Taxonomy*. Columbia University Press, New York.

Tansley, A.G. 1935. The use and abuse of vegetational concepts and terms. *Ecology* 16: 284–307.

Templeton, A.R. 1989. The meaning of species and speciation: a genetic perspective. En D. Otte y J.A. Endler (Eds.): *Speciation and its Consequences* pp. 3-27. Sinauer, Sunderland, MA.

UNESCO. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. 2015 Thesaurus. En: <*www.unesco.org*>, última consulta:_22 de febrero de 2016.

Wiley, E.O. 1981. *Phylogenetics. The theory and practice of phylogenetic systematics*. Wiley-Liss, New York.

Diversidad de ecosistemas



Foto: César Hernández Hernández.


5

Resumen ejecutivo

Diversidad de ecosistemas

Héctor Perdomo Velázquez

En la presente sección se describen los principales tipos de vegetación del valle de México, una cuenca hidrográfica cerrada con superficie aproximada de 7 500 km², rodeada por cadenas montañosas con poco más de 1 600 especies de plantas nativas y naturalizadas. En lo que respecta a la Ciudad de México, se reportan seis de los 10 tipos de vegetación descritos por Rzedowski (1978) para México.

El bosque de *Abies* u oyamel se localiza principalmente en la parte poniente de la ciudad, ocupa 11 000 ha y se encuentra entre los 2 500 y 3 500 msnm. Incluye especies como huejote (*Salix paradoxa*), palo amargo (*Garrya laurifolia*), sauco (*Sambucus nigra* var. *canadensis*) y tepozán (*Buddleja cordata*), entre otros.

El bosque mesófilo de montaña está restringido en nuestro país. Ocupa superficies muy pequeñas en cañadas de la delegación Magdalena Contreras y los Dinamos. Se ubica entre los 2 500 y 2 700 msnm y comparte elementos con el bosque de encino, además de especies características, como las mencionadas en el párrafo anterior.

El bosque de pino es el tipo de vegetación más extenso de la ciudad. Ocupa una superficie mayor de 24 000 ha y se ubica entre los 2 700 y 3 800 msnm en todo el sur de la entidad. La especie que caracteriza a esta vegetación es el pino de montaña (*Pinus hartwegii*), así como huejote (*S. paradoxa*), enebro (*Juniperus monticola*) y aile (*Alnus jorullensis* subsp. *jorullensis*).

El bosque de encino está en peligro de desaparecer en la ciudad, pues se ha ido remplazado por la mancha urbana a tal grado que ocupa solamente 4 000 ha, entre los 2 300 y 3 000 msnm. Las principales especies que lo caracterizan son *Quercus rugosa*, *Q. laeta*, *Q. crassipes*, *Q. castanea* y, más escasamente, *Q. obtusata*, *Q. candicans*, *Q. crassifolia* y *Q. dysophylla*; además de pino (*Pinus leiophylla* y *P. hartweggi*), mamojuaxtle (*Clethra mexicana*), madroño (*Arbutus xalapensis*), palo amargo (*Garrya laurifolia*) y el capulín (*Prunus serotina* subsp. *capuli*), entre otros.

El pastizal se localiza principalmente en las delegaciones Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras, Tlalpán y Milpa Alta, en la región de Bosques y Cañadas. Ocupa una superficie aproximada de 1 600 ha y se ubica entre los 2 800 y 3 860 msnm. Esta vegetación se caracteriza por estar dominada por pastos y zacatones altos, como *M. macroura*, *Festuca tolucensis*, *F. amplissima* y *Stipa ichu*, así como por herbáceas como la cola de borrego (*Castilleja tenuiflora*), jarritos (*Penstemon gentianoides*), mirto (*Salvia*

Perdomo-Velázquez, H. 2016. Resumen ejecutivo. Diversidad de ecosistemas. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.21-22.

lavanduloides), cardo santo (*Eryngium proteiflorum*), flor de hielo (*Gentiana spathacea*), la orquídea (*Platanthera volcanica*) y el rabanillo (*Senecio toluccanus*), entre otras.

El matorral xerófilo agrupa comunidades vegetales en las partes secas de la entidad que ocupan una superficie de poco más de 4 000 ha entre los 2 300 y 3 000 msnm. Se ubica principalmente en la región de Bosques y Cañadas, Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, Sierra de Guadalupe y Sierra de Catarina. Algunas de las especies que la caracterizan son como el tepozán (*B. cordata*), chapulixtle (*Dodonaea viscosa*), pirul (*Schinus molle*), ortiga de tierra caliente (*Wigandia urens*), el zoapatle (*Montanoa tomentosa*) y la endémica palo loco (*Senecio praecox*).

La vegetación acuática y subacuática era muy característica del valle de México debido a la extensión de la zona lacustre. Actualmente quedan remanentes representativos en las delegaciones Xochimilco y Tláhuac que ocupan poco más de 1 000 ha al pie de las montañas del sur, a unos 2 250 msnm. Algunas de las especies características son los tulares de espadaña o tule (*Typha latifolia*) y de tule (*Schoenoplectus californicus*), aunque también es común la presencia de chilillo (*Persicaria amphibia*), ombligo de Venus (*Hydrocotyle ranunculoides*), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), berro (*Berula erecta*), ninfa (*Nymphaea mexicana*), orejilla (*Hydromystria laevigata*), *Myriophyllum aquaticum* y estrella de agua (*Jaegeria bellidiflora*), entre otras.

Además, en la sección se describen la situación y el estado de conservación actual de la flora y la vegetación, sus amenazas, así como las oportunidades y recomendaciones para su conservación.

Flora y vegetación

Jaime Ernesto Rivera Hernández

Introducción

La cuenca de México es una cuenca hidrográfica endorreica (cerrada) con una superficie aproximada de 7 500 km² cuyos límites son: al norte la sierra de Pachuca, en el estado de Hidalgo; al noreste las sierras de Tezontlalpan y de Alcaparrosa, en el Estado de México; al oeste las serranías de Monte Bajo, Monte Alto y Las Cruces, también en el Estado de México; al sur la sierra del Ajusco, en la zona limítrofe de la Ciudad de México con el estado de Morelos; y finalmente, al sureste y este, la sierra Nevada y la de Calpulalpan, que cubre gran parte del Estado de México, limita con Puebla y ocupa una pequeña parte del estado de Tlaxcala (véase la figura 1 en el capítulo "Delimitación del área de estudio y regionalización").

La Ciudad de México es la entidad del país más pequeña en cuanto a superficie que alberga una de las zonas urbanas más grandes del mundo. Tiene la fortuna de estar rodeada por cadenas montañosas que se encuentran cubiertas por bosques, matorrales y pastizales, cuya riqueza en número de especies de plantas es elevada (un poco más de 1 600 especies) y seis tipos de vegetación (Rivera y Espinosa 2007).

Sin embargo, esta gran riqueza natural ha sido ignorada por muchos habitantes de la ciudad, lo cual ha provocado que no exista una conciencia de cuidado y protección hacia el ambiente. Por esa razón es muy importante que sea del conocimiento popular que los bosques, matorrales y pastizales ofrecen a sus habitantes una serie de servicios ambientales que aportan elementos importantes para su supervivencia y calidad de vida.

La Ciudad de México se encuentra delimitada geográficamente al norte por la sierra de Guadalupe (de la cual una parte pertenece a la ciudad y el resto al Estado de México); al suroeste por la sierra de Las Cruces, que incluye el cerro de San Miguel y el volcán Ajusco; al sur por los cerros y volcanes de Milpa Alta (Chichinautzin, Tláloc y Teuhtli, entre otros), y al oeste por la zona lacustre de Tláhuac.

Está dividida en suelo urbano y suelo de conservación; este último ocupa cerca de 59% del territorio (88 442 ha), del cual aproximadamente 53% corresponde a vegetación natural y el resto a terrenos de cultivo y poblaciones rurales (Gobierno del Distrito Federal 2000).

Estado del conocimiento del grupo biológico

La cuenca de México es una de las áreas del país que mejor se conoce desde el punto de vista científico (Rzedowski *et al.* 2001), lo cual se debe a la existencia de importantes centros de población y vías de comunicación, además de la presencia de algunas de las principales universidades del país. A lo largo de la historia, una gran cantidad de científicos, naturalistas y estudiosos de la

Rivera-Hernández, J.E. 2016. Flora y vegetación. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.24-48.

botánica han realizado diferentes estudios sobre la flora y vegetación de esta región y sus zonas aledañas. Una detallada descripción de estos estudios la presentan Rzedowski y colaboradores (2001) y aunque aquí no se abunda en el tema, es importante señalar que en los últimos años se han realizado trabajos botánicos enfocados principalmente en la cuenca de México que han incluido el territorio de la ciudad. Entre estos estudios sobresalen el de Sánchez (1968), Rzedowski y colaboradores (2001) y, más recientemente, el de Rivera y Espinosa (2007), quienes presentan un inventario de la flora y una descripción de la vegetación de la localidad, así como el estudio de Rivera y Flores (2013), quienes realizaron una descripción de los diferentes tipos de vegetación y su flora a través de fotografías.

En este capítulo se brinda un panorama actual sobre la flora (número de especies vegetales nativas y naturalizadas) que habita en la Ciudad de México (especialmente en el suelo de conservación) y su importancia, haciendo énfasis en las especies protegidas. Enumeramos y describimos los diferentes tipos de vegetación que existen en el territorio de esta importante entidad mexicana, así como su composición florística (especies de plantas presentes en cada tipo de vegetación).

Diversidad y distribución

Flora

México alberga más de 24 mil especies de plantas (Espejo-Serna *et al.* 2004, Villaseñor y Ortiz 2014), lo que lo ubica entre los primeros cinco lugares a nivel mundial en diversidad florística. Esta riqueza se destaca si consideramos que poco más de 50% del total de especies presentes son endémicas (su distribución se restringe a México) (Villaseñor y Ortiz 2014).

La cuenca de México alberga alrededor de 2 071 especies de plantas con flores (Rzedowski y Rzedowski 1989) y cerca de 113 especies de pteridofitas (helechos y otras plantas afines) (Arreguín-Sánchez *et al.* 2004).

A la fecha se han reportado 1 598 especies de plantas nativas y naturalizadas (no nativas del territorio, pero que prosperan en él y se propagan por sí mismas) en la ciudad, clasificadas en 145 familias y 630 géneros (Rivera y Espinosa 2007, Rivera y Flores 2013) (apéndice 7). En la sección de Diversidad de especies que se encuentra en esta obra, es posible encontrar más información sobre estos grupos biológicos. Este número de especies representa aproximadamente 70% de las especies registradas en toda la cuenca de México (Rivera y Espinosa 2007, Rivera y Flores 2013). Del total de especies registradas, aproximadamente 631 son endémicas, lo cual representa casi 40%. Asimismo, se reportan 24 especies dentro de alguna categoría de riesgo según la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010), de las cuales 12 (50%) son especies endémicas (cuadro 1).

Recientemente, Rivera y Espinosa (2011) y Rivera y Flores (2013) reportaron seis especies que no estaban registradas como parte de la flora nativa de la ciudad: el arbusto parásito *Arceuthobium abietis-religiosae* (Viscaceae), el helecho *Phanerophlebia macrosora* (Dryopteridaceae), el otatillo (*Chusquea bilimekii*; Poaceae), la herbácea ruderal *Hypochaeris radicata* (Asteraceae), *Phytolacca rugosa* (Phytolaccaceae) y el *zopilocuahuitl* (*Cedrela dugesii*; Meliaceae), cuya familia también representó un nuevo registro para la flora de la cuenca de México (figura 1).

La flora nativa y naturalizada de la Ciudad de México se ubica geográficamente dentro de todas las regiones contempladas en la regionalización, incluso en la región denominada Parques y Jardines Urbanos, pues en esta categoría están incluidas algunas áreas naturales protegidas (ANP) y áreas de valor ambiental (AVA) importantes, tales como el Parque La Loma y El Parque Tarango, así como algunas barrancas que aún conservan relictos de vegetación original de las tierras bajas de la ciudad.

Cuadro 1. Especies vegetales existentes en la Ciudad de México bajo alguna categoría de riesgo, según la NOM-059-SEMARNAT-2010. CR: Categoría de riesgo; A: Amenazada, Pr: Sujeta a protección especial, P: En peligro de extinción; ND: No disponible; E: Endémica de México.

Familia	Especie	Sinonimia	Nombre común	CR
Sapindaceae	*Acer negundo* subsp. *mexicanum* (DC.) Wesm.		acezintle	Pr
Asparagaceae	*Furcraea parmentieri* (Roezl ex Ortgies) García-Mend.	*F. bedinghausii* K. Koch	palmita, sishe	A, E
Cupressaceae	*Cupressus lusitanica* Mill.		cedro blanco	Pr
Cupressaceae	*Juniperus monticola* Martínez	*J. sabinoides* fo. *monticola* (Martínez) M.C. Johnst.	enebro	Pr, E
Gentianaceae	*Gentiana spathacea* Kunth		flor de los hielos	Pr, E
Lauraceae	*Litsea glaucescens* Kunth		laurel	P
Fabaceae	*Erythrina coralloides* DC.		colorín	A, E
Malvaceae	*Phymosia rzedowski* Fryxell		ND	Pr
Malvaceae	*Hibiscus spiralis* Cav.		ND	A, E
Orchidaceae	*Bletia urbana* Dressler		chautle	A, E
Orchidaceae	*Corallorhiza macrantha* Schltr.		ND	Pr
Cactaceae	*Mammillaria rhodantha* subsp. *aureiceps* (Lem.) D.R. Hunt		ND	A, E
Cactaceae	*Mammillaria haageana* subsp. *san-angelensis* (Sánchez-Mej.) D.R. Hunt		ND	P, E
Cactaceae	*Coryphanta elephantidens* (Lem.) Lem.		ND	A, E
Ericaceae	*Comarostaphylis discolor* (Hook.) Diggs.		madroño borracho	Pr
Nymphaeaceae	*Nymphaea gracilis* Zucc.		apapatla	A, E
Nymphaeaceae	*Nymphaea mexicana* Zucc.		ninfa	A
Nymphaeaceae	*Nymphaea odorata* Aiton subsp. *odorata*.		ninfa	A
Araceae	*Lemna trisulca* L.		chichicastle	Pr
Melanthiaceae	*Schoenocaulon pringlei* Greenm.		ND	Pr
Ericaceae	*Monotropa hypopitys* L.		ND	Pr
Asteraceae	*Dahlia scapigera* (A. Dietr.) Knowles *et* Westc.		ND	Pr, E
Fabaceae	*Trifolium wormskioldii* Lehm.		ND	A, E
Juncaginaceae	*Triglochin mexicana* Kunth		ND	A

Fuente: elaboración propia.

Vegetación

México presenta una riqueza inigualable en términos de diversidad de ambientes naturales. Según Rzedowski (1978), en nuestro país están representados prácticamente todos los tipos de vegetación descritos para el planeta. Esta gran diversidad se debe en parte a su ubicación entre dos grandes regiones biogeográficas, la neártica y la neotropical, lo cual permite el establecimiento de especies tanto de afinidad boreal como tropical que forman un intrincado mosaico de ecosistemas (Rzedowski 1978, Koleff y Soberón 2008).

Para la cuenca de México, Rzedowski y colaboradores (2001) reportan seis de los 10 tipos de vegetación descritos para México (Rzedowski 1978), los cuales también están presentes en la Ciudad de México (Rivera y Espinosa 2007) (véase la figura 1 del capítulo Usos y cobertura de suelo en esta obra). La descripción de los tipos de vegetación de la ciudad que se





Figura 1. *a*) Zopilocuahuitl (*Cedrella dugesii*), que representó el primer registro de la familia Meliaceae para la cuenca de México; *b*) otatillo (*Chusquea bilimekii*), cuyo registro fue el primero para la Ciudad de México. Fotos: J.E. Rivera Hernández.

incluye a continuación está basada en Rzedowski y colaboradores (2001), Rivera y Espinosa (2007) y Rivera y Flores (2013). Para la nomenclatura de los tipos de vegetación se sigue la clasificación de Rzedowski (1978).

Bosque de *Abies* (oyamel). También conocido como bosque de oyamel o de abetos, se localiza principalmente en la porción poniente de la ciudad, ocupando superficies importantes de las delegaciones Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa de Morelos; aunque también se le encuentra en menor proporción en la parte sur y sureste, en las delegaciones de Tlalpan y Milpa Alta. Ocupa aproximadamente 11 000 ha y se le encuentra entre los 2 500 a 3 500 msnm (Rivera y Espinosa 2007). Dentro de la regionalización de la Ciudad de México que se utiliza en esta obra, el bosque de *Abies* se ubica dentro de la región de Bosques y Cañadas. Aunque la distribución de estos bosques en México es muy dispersa y localizada, las áreas más continuas dentro de la cuenca de México son las del sureste de la ciudad (Rzedowski 1978) (figura 2).

Estructuralmente, este bosque presenta casi siempre un solo estrato arbóreo, que puede alcanzar los 40 m de altura y domina exclusivamente el oyamel (*A. religiosa*) (figura 3). En sitios donde la densidad de esta especie es baja, o bien, donde existen condiciones de disturbio, es posible observar un estrato arbóreo bajo con la presencia del huejote (*Salix paradoxa*), palo amargo (*Garrya laurifolia*), sauco (*Sambucus nigra* var. *canadensis*) y tepozán (*Buddleja cordata*), entre otros. El estrato arbustivo es escaso; predomina *Roldana angulifolia*, la cual es acompañada por el capulincillo (*Ribes ciliatum*), perlilla (*Symphoricarpos microphyllus*), hierba del zopilote (*Cestrum anagyris* var. *anagyris*), hierba del perro (*Solanum cervantesii*) y guajtomate (*Physalis coztomatl*), principalmente. Existe también un abundante estrato herbáceo compuesto principalmente por el acocote (*Arracacia atropurpurea*), flor de araña (*Sigesbeckia jorullensis*), *Alchemilla procumbens*, *Stellaria cuspidata* y hierba del coyote (*Euphorbia furcillata*), entre otros.

En este bosque es común encontrar afloramientos rocosos donde se establecen plantas rupícolas como la conchita (*Echeveria secunda*) y *Heuchera orizabensis*. La presencia de plantas trepadoras es escasa, aunque pueden observarse *Lonicera pilosa* y la nube de campo (*Valeriana clematitis*).

Bosque mesófilo de montaña. Este bosque también es conocido como selva mediana o

Figura 2. Bosque de *Abies* (oyamel), en el Parque Nacional Desierto de los Leones. Foto: J.E. Rivera Hernández.

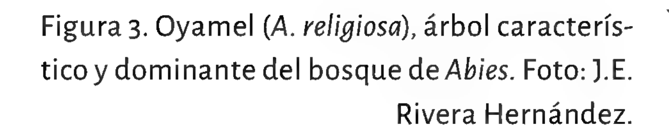


Figura 3. Oyamel (*A. religiosa*), árbol característico y dominante del bosque de *Abies*. Foto: J.E. Rivera Hernández.



baja perennifolia (Miranda y Hernández X. 1963), bosque deciduo templado (Rzedowski 1966) y selva nublada (Beard 1946), entre otros. Este bosque está muy restringido en nuestro país, pues ocupa apenas entre 0.4 y 1% del territorio mexicano (Rzedowski 1996, Gual-Díaz y Rendón-Correa 2014), por lo que se trata de un bosque en peligro de desaparecer. En la Ciudad de México ocupa superficies muy pequeñas, forma parte de cañadas muy húmedas, principalmente en la delegación Magdalena Contreras, en la cañada de Contreras o de los Dínamos y, en menor proporción, en Cuajimalpa de Morelos, en el Parque Nacional Desierto de los Leones y en la delegación Tlalpan (Parque Ecológico de la Ciudad de México). De acuerdo con la regionalización, este bosque se encuentra dentro de la región de Bosques y Cañadas. Se ubica entre los 2 500 y 2 700 msnm, se encuentra entremezclado y comparte muchos elementos con el bosque de encino (*Quercus rugosa, Q. laeta, Q. crassipes* y *Q. castanea*, entre otros) (Rivera y Espinosa 2007). Las especies arbóreas características son el garrapato (*Symplocos citrea*), aceitunillo (*Ilex tolucana*), mamojuaxtle (*Clethra mexicana*), asisincle (*Cornus disciflora*), *Meliosma dentata, Viburnum stenocalyx* y *Rhamnus mucronata*, entre otras. A la orilla de cuerpos de agua se encuentra el acezintle (*Acer negundo* subsp.*mexicanum*), aceitunillo (*Ilex tolucana*) y el aile (*Alnus acuminata*). Otros árboles que también pueden estar presentes son el oyamel (*A. religiosa*), encino (*Q. laurina*), cedro blanco (*Cupressus lusitanica*) y capulín (*Prunus serotina* subsp. *capuli*), entre otros. En el estrato arbustivo se encuentran *Ageratina aschenborniana, Iresine ajuscana*, hierba del zopilote (*Cestrum anagyris*) y *Archibaccharis asperifolia*, entre otras.

Es común la presencia de trepadoras y epífitas, como las bromelias *Tillandsia andrieuxii, T. violacea*, el jazmín (*Philadelphus mexicanus*) (figura 4), *Lonicera pilosa, Archibaccharis hirtella* y *Solanum appendiculatum*.

Bosque de *Pinus* (pino). Se trata del tipo de vegetación más extenso de la Ciudad de México, ya que ocupa una superficie mayor a las 24 000 ha y se ubica entre los 2 700 y 3 800 msnm en todo el sur de la entidad, en las delegaciones de Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras, Tlalpan y Milpa Alta (Rivera y Espinosa 2007). De acuerdo con la regionalización, este bosque se encuentra principalmente dentro de la región de Bosques y Cañadas y en pequeñas porciones en la región de las Serranías de Xochimilco y Milpa Alta. Existen diferentes tipos de este bosque, dependiendo de las especies que dominan. En las partes más altas, como en lo alto del volcán Ajusco (Parque Nacional Cumbres del Ajusco) o el cerro San Miguel (Parque Nacional Desierto de los Leones), existe un bosque de entre 5 y 20 m de altura dominado por el pino de montaña (*Pinus hartwegii*); en algunos sitios de la delegación Tlalpan es posible encontrar también elementos aislados del huejote (*S. paradoxa*) y enebro (*Juniperus monticola*). Asimismo, en la delegación Milpa Alta y



Figura 4. Jazmín (*P. mexicanus*), arbusto trepador que habita en el bosque mesófilo de montaña. Foto: J.E. Rivera Hernández.



Figura 5. Pino de montaña (*P. hartwegii*), especie característica de los bosques de pinos que alcanzan una mayor altitud. Foto: J.E. Rivera Hernández.

Tlalpan (volcán Pelado) se presenta el aile (*Alnus jorullensis* subsp. *jorullensis*), que en ocasiones forma bosquetes pequeños rodeados por el bosque de pino de montaña (*P. hartwegii*; figura 5).

El estrato arbustivo en este bosque de altura es prácticamente inexistente con algunos individuos aislados de palo amarillo (*Berberis alpina*), hierba del carbonero (*Baccharis conferta*) y jarilla blanca (*Senecio cinerarioides*). El estrato herbáceo está comúnmente conformado por pastos amacollados (conjunto de tallos nacidos de la base de un mismo pie), como el zacatón (*Muhlenbergia macroura*), *M. quadridentata*, *Festuca tolucensis* y *F. amplissima*, entre otras especies herbáceas.

En altitudes menores, entre los 3 100 y 2 700 msnm, se localiza un bosque dominado por *Pinus montezumae*, el cual está acompañado



Figura 6. Cardo santo (*C. ehrenbergii*), hierba de hasta 1.5 m y de hojas espinosas, bastante común en los bosques de pino de la Ciudad de México. Foto: J.E. Rivera Hernández.

por diferentes especies de pinos, tales como *P. pseudostrobus* y *P. teocote*, así como también por encinos (*Quercus laurina*), madroños (*Arbutus xalapensis*), ailes (*Alnus jorullensis* subsp. *jorullensis*), huejotes (*Salix paradoxa*) y el tepozán (*Buddleja cordata*). En el estrato arbustivo se encuentran la hierba del perro (*Solanum cervantesii*) y la jarilla (*Barkleyanthus salicifolius*). El estrato herbáceo se conforma por la herbácea rastrera *Alchemilla procumbens*, el cardo santo (*Cirsium ehrenbergii*) (figura 6), *Salvia prunelloides* y los pastos *Stipa ichu*, *M. quadridentata* y *F. tolucensis*.

Finalmente, en las partes más altas del Pedregal de San Ángel, delegación Tlalpan, en sus partes más altas se ha establecido un bosque de *Pinus* (pino) que está dominado por *P. teocote* y *P. rudis*. En los estratos inferiores coexisten el tepozán (*Buddleja cordata*), tepozán de cerro (*B. parviflora*), hierba del carbonero (*Baccharis conferta*), mirto (*Salvia polystachya*), perlilla (*S. microphyllus*), trompetilla (*Bouvardia ternifolia*), cola de borrego (*Castilleja tenuiflora*), hierba de San Nicolás (*Piqueria trinervia*), zacatón (*Muhlenbergia robusta*) y los mayitos (*Zephyrantes fosteri*), entre otros.

Bosque de *Quercus* (encino). Actualmente este bosque es muy escaso en la ciudad, pues sus principales extensiones fueron remplazadas por sitios para la habitación humana. Además, en épocas anteriores y durante mucho tiempo, este bosque fue explotado para la producción de carbón, por lo que actualmente se encuentra en peligro de desaparecer en la entidad. A los bosques remanentes se les puede localizar en las delegaciones Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras, Tlalpan, Xochimilco, Milpa Alta y Gustavo A. Madero, ocupando una superficie de casi 4 000 ha, entre los 2 300 y 3 000 msnm (Rivera y Espinosa 2007) (figura 7). Según la regionalización, este bosque se localiza principalmente dentro de las regiones Bosques, Cañadas y Serranías de Xochimilco y Milpa Alta y un pequeño manchón de este bosque se ubica en la región denominada Sierra de Guadalupe.



Figura 7. Vista aérea de un bosque de *Quercus* (encino) en la delegación Milpa Alta. Foto: J.E. Rivera Hernández.

Existen varios tipos de bosques de *Quercus* (o encinares), los cuales difieren entre sí en las especies dominantes, alturas, fenología (periodos de floración o de pérdida de follaje) y otras características. En su mayoría, los encinares de la Ciudad de México son bajos, pues no pasan de los 12 m de altura.

Un bosque dominado por *Q. rugosa*, la especie de este género más ampliamente distribuida en la ciudad, se establece entre los 2 300 y 2 800 msnm, principalmente en las delegaciones de Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras y Tlalpan (figura 8). En esos sitios y cohabitando con *Q. rugosa*, se desarrollan otras especies como *Q. laeta*, *Q. crassipes* y *Q. castanea* y, más escasamente, *Q. obtusata*, *Q. candicans*, *Q. crassifolia* y *Q. dysophylla*. Haciendo compañía a los encinos en el estrato arbóreo se encuentran los pinos (*Pinus leiophylla* y *P. hartwegii*), mamojuaxtle (*Clethra mexicana*), madroño (*Arbutus xalapensis*), palo amargo (*Garrya laurifolia*) y el capulín (*Prunus serotina* subsp. *capuli*), entre otros.

El estrato arbustivo es abundante y pueden encontrarse entre sus elementos la hierba del perro (*Solanum cervantesii*), la hierba del zopilote (*Cestrum anagyris*), *Monnina ciliolata*, *Acacia angustissima* y *Croton adspersus*. En el estrato herbáceo, es común encontrar a los jarritos (*Penstemon roseus*), ombligo de tierra (*Peperomia bracteata*), *Polygala alba*, cola de borrego (*Castilleja tenuiflora*) y *Ageratina pascuarenzis*. Aunque no con gran abundancia, existen trepadoras como *Smilax moranensis*, *Dioscorea galeottiana*, *Passiflora exsudans*, barbas de chivo (*Clematis dioica*), *Lonicera pilosa* y *Bomarea hirtella*, así como también plantas epífitas (plantas que crecen sobre otras plantas, pero sin alimentarse de ellas), como son las diferentes especies de bromelias existentes: heno pequeño (*Tillandsia recurvata*), heno (*T. usneoides*), *T. andrieuxii* y *T. erubescens*, entre otras.

En las partes más altas de su distribución (entre 2 600 y 3 000 msnm), el bosque de encino es dominado por *Quercus laurina*. Este bosque a menudo se mezcla en su límite altitudinal



Figura 8. Encino (*Quercus rugosa*), una de las especies más características de los bosques de *Quercus* de la Ciudad de México. Foto: J.E. Rivera Hernández.

superior con el bosque de *Abies*. Entre las especies arbóreas se encuentran también los pinos (*P. patula* y *P. teocote*), capulín (*Prunus serotina* subsp. *capuli*), palo amargo (*Garrya laurifolia*), huejote (*S. paradoxa*), madroño (*Arbutus xalapensis*) y el tepozán (*B. cordata*), entre otros elementos propios, tanto de los estratos inferiores del bosque de *Abies* como de los bosques de *Quercus* de altitudes menores.

En la sierra de Guadalupe, en la delegación Gustavo A. Madero, se localiza un matorral de encinos dominado por *Quercus frutex*, el cual debido a la reproducción vegetativa de sus partes subterráneas forma una cubierta muy densa y baja de no más de un metro de altura, lo que le da una fisonomía característica. Este matorral de encinos está acompañado de los elementos típicos del matorral xerófilo de la zona, el cual es descrito líneas abajo.

Pastizal. Se trata de un tipo de vegetación en la que predominan las gramíneas (pastos o zacatones altos; figura 9) y se localiza principalmente en las delegaciones Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras, Tlalpan y Milpa Alta. De acuerdo con la regionalización, los pastizales se ubican casi en su totalidad en la región de Bosques y Cañadas, aunque existe un manchón de pastizal en el extremo oeste de la región de las Serranías de Xochimilco y Milpa Alta. Ocupa una superficie aproximada de 1 600 ha y se ubica entre los 2 800 y los 3 860 msnm (Rivera y Espinosa 2007). En la Ciudad de México, los pastizales puros son escasos, por lo que es más común verlos mezclados con diferentes especies de *Pinus*, como ocurre en las inmediaciones de los cerros San Miguel y El Caballete (Parque Nacional Desierto de los Leones) y en el volcán Ajusco (Parque Nacional Cumbres del Ajusco).

El pastizal más abundante es el conocido como zacatonal alpino o subalpino, el cual se encuentra conformado por pastizales amacollados y asociados comúnmente al bosque del pino de montaña (*P. hartwegii*). La composición florística del pastizal está representada por diferentes especies de pastos o zacatones, como *M. macroura*, *Festuca tolucensis*, *F. amplissima* y *Stipa ichu*, entre otras. Además de los pastos, en los pastizales prosperan diferentes especies de herbáceas como la cola de borrego (*Castilleja tenuiflora*), jarritos (*Penstemon gentianoides*), mirto (*Salvia lavanduloides*), cardo santo (*Eryngium proteiflorum*), *Echeveria mucronata*, flor de hielo (*Gentiana spathacea*), *Lithospermum distichum*, la orquídea *Platanthera vulcanica* y el rabanillo (*Senecio toluccanus*), entre otras (figura 10).

También está presente la pradera de suelda con suelda (*Potentilla candicans*), la cual ocupa claros en medio del bosque de *Abies* y de *Pinus*. Esta pradera presenta diferente composición florística de acuerdo con la temporada. Por ejemplo, en la temporada de sequía la especie dominante es *P. candicans* (figura 11), la cual puede estar acompañada de la hierba *Sisyrinchium scabrum* y del mayito (*Zephyrantes fosteri*); mientras que durante la temporada de lluvias,

Figura 9. Pasto amacollado o zacatón (*Muhlenbergia macroura*), común en pastizales y en bosques de coníferas de la Ciudad de México Foto: J.E. Rivera Hernández.



Figura 10. Pastizal con pastos amacollados en la delegación Tlalpan. Foto: J.E. Rivera Hernández.

prevalece un grupo de gramíneas y ciperáceas (plantas parecidas a los pastos, pero la mayoría con los tallos triangulares) como *Vulpia myuros*, *Trisetum kochianum*, *Carex peucophila* y *Cyperus seslerioides*.

Otro tipo de pastizal comúnmente mezclado con el matorral xerófilo de las partes bajas de la ciudad abarca superficies reducidas y está bajo una fuerte perturbación humana, por ello no presenta una composición florística constante. En este se pueden encontrar diferentes especies de pastos como *Aristida adscensionis*, *Bouteloua simplex* e *Hilaria cenchroides*. Adicionalmente, se pueden presentar elementos aislados de elementos arbóreos o arbustivos como el pirul (*Schinus molle*) y la uña de gato (*Mimosa biuncifera*), entre otros elementos propios del matorral xerófilo.

Matorral xerófilo. Bajo esta denominación son agrupadas diferentes comunidades vegetales que prosperan en las partes más secas de la entidad. Ocupa una superficie de poco más de 4 000 ha entre los 2 300 y 3 000 msnm (Rivera y Espinosa 2007), en las delegaciones Gustavo A. Madero (en la sierra de Guadalupe), Iztapalapa (cerro de la Estrella, sierra de Santa Catarina y otros cerros), Tláhuac (sierra de Santa Catarina), Tlalpan y Coyoacán (Pedregal de San Ángel), Xochimilco y Milpa Alta (figura 12). En la regionalización, el matorral xerófilo se ubica en las regiones de Bosques y Cañadas, Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, Sierra de Guadalupe (en prácticamente todo su territorio), Sierra de Santa Catarina (en las inmediaciones del volcán Guadalupe y en el cerro de la Estrella), e incluso en la región de Parques y Jardines Urbanos, donde se incluye la Reserva del Pedregal de San Ángel de la UNAM, así como algunas porciones del cerro Zacatépetl y otros pequeños predios donde todavía prospera este matorral.

Uno de estos matorrales es el de palo loco (*Pittocaulon praecox*), que es el mejor representado y el que ostenta un mejor estado de conservación en el Pedregal de San Ángel. Además de esta especie característica y



Figura 11. Suelda con suelda (*P. candicans*), herbácea que forma un césped y que domina en algunos pastizales durante la época de sequía. Foto: J.E. Rivera Hernández.

dominante (endémica de México), también se encuentran elementos arbóreos aislados y dispersos como el tepozán (*B. cordata*), chapulixtle (*Dodonaea viscosa*), pirul (*Schinus molle*), ortiga de tierra caliente (*Wigandia urens*) y el zoapatle (*Montanoa tomentosa*).

En el estrato arbustivo podemos encontrar al teclacote (*Verbesina virgata*), trompetilla (*Bouvardia ternifolia*), chapulixtle (*Dodonaea viscosa*) y siempreviva (*Sedum oxypetalum*). El estrato herbáceo es abundante, principalmente en la temporada de lluvias; en él podemos encontrar la hierba del pollo (*Commelina coelestis*), *Arracacia tolucensis* var. *multifida*, ala de ángel (*Begonia gracilis*; figura 13), zacatón (*Muhlenbergia robusta*), romerillo (*Asclepias linaria*), gallitos (*Calochortus barbatus*), maravi-





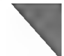


Figura 12. *a*) Matorral xerófilo típico de la sierra de Guadalupe, delegación Gustavo A. Madero y *b*) Matorral xerófilo del Pedregal de San Ángel, en la delegación Tlalpan. Fotos: J.E. Rivera Hernández.

lla del cerro (*Mirabilis longiflora*; figura 13), orquídea (*Sarcoglottis schaffneri*), *Lepechinia caulescens*, dalia (*Dahlia coccinea*) y *Manfreda pringlei*. También es posible encontrar diferentes tipos de cactáceas, como los nopales *Opuntia tomentosa*, *O. rzedowskii*, *O. zarca*, así como las biznaguitas *Mammillaria magnimamma* y *M. elegans*, entre otras.

En la sierra de Guadalupe, sierra de Santa Catarina, cerro de la Estrella y en otras localidades en Milpa Alta, se localiza otro matorral xerófilo con dominancia principal del palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), acompañado regularmente por huizache (*Acacia schaffneri*), copal (*Bursera cuneata*), cuajiote (*B. fagaroides* var. *fagaroides*), casahuate (*Ipomoea murucoides*), nopal chamacuero (*Opuntia tomentosa*), encino (*Quercus frutex*), tronadora (*Tecoma stans*), izote (*Yucca filifera*) y *Nolina parviflora*. El estrato arbustivo está bien representado por la uña de gato (*Mimosa biuncifera*), *Brongniartia intermedia*, lengua de vaca (*Buddleja sessiliflora*), cabello de ángel (*Calliandra grandiflora*), espinosilla (*Loeselia mexicana*), huizache (*Havardia leptophylla*), entre otros. El estrato herbáceo es muy abundante, especialmente en temporada de lluvias; entre los elementos que lo componen podemos encontrar al mirasol (*Cosmos bipinnatus*), *Dyschoriste microphylla*, clavel del monte (*Silene laciniata*), *Echeandia mexicana*, colorín negro (*Erythrina leptorhiza*), *Evolvulus postratus*, *Gaura hexandra*, Juanita (*Helianthemum glomeratum*), flor de araña (*Hymenocallis harrisiana*), coquito (*Ipomoea capillacea*), estrella, flor de San Juan (*Milla biflora*), acamayo (*Sprekelia formosissima*), *Dichromanthus cinnabarinus* y *Tigridia vanhouttei* subsp. *vanhouttei*, entre muchas otras.

A pesar de tratarse de un ecosistema seco, la presencia de trepadoras no es rara, por lo que se pueden hallar los farolitos (*Cardiospermum halicacabum*), tripas de Judas (*Cissus verticillata*), *Cologania angustifolia*, *Dioscorea galeottiana*, *Gonolobus uniflorus*, *Phaseolus coccineus* y la hierba del zorro (*Gaudichaudia cynanchoides*), entre otras.

En la sierra de Guadalupe y el cerro de la Estrella se pueden encontrar bosquetes abiertos de casahuate (*Ipomoea murucoides*) o de copal (*Bursera cuneata*), así como elementos aislados y dispersos de huizache (*Acacia farnesiana*) y mezquite (*Prosopis laevigata*), aunque estas últimas son especies muy raras en la ciudad. La presencia de estas especies junto con la sangre de grado (*Jatropha dioica*) y el zopilocuáhuitl (*Cedrela dugesii*), fortalece la hipótesis de Rzedowski y colaboradores (2001) acerca de que todas ellas representan probables reliquias del bosque tropical





Figura 13. *a*) Ala de ángel (*Begonia gracilis*), especie típica del matorral xerófilo del Pedregal de San Ángel, y *b*) maravilla del cerro (*Mirabilis longiflora*), herbácea típica del matorral xerófilo de la sierra de Guadalupe. Foto: J.E. Rivera Hernández.

caducifolio que en épocas pasadas debió haber existido en la cuenca de México.

Vegetación acuática y subacuática. En el pasado, este tipo de vegetación era abundante tanto en la ciudad como en la cuenca de México, debido a la extensión de la zona lacustre. Actualmente, a pesar del avance de la mancha urbana sobre los ambientes naturales, aún quedan remanentes representativos de este tipo de vegetación, principalmente en las delegaciones Xochimilco y Tláhuac (figura 14), que ocupan una superficie de poco más de 1 000 ha en las partes más bajas de la entidad, al pie de las montañas del sur, a unos 2 250 msnm (Rivera y Espinosa 2007). El tipo de vegetación conocido como bosque de galería está conformado por diferentes especies arbóreas que tienen afinidad con sitios húmedos, por lo que habitan a lo largo de arroyos de montaña y pequeñas zonas inundables en las zonas montañosas, y se distribuyen, tanto en la vegetación acuática de Xochimilco y Tláhuac como a orillas de los arroyos de montaña. De acuerdo con la regionalización, este tipo de vegetación está incluido en la región de los Humedales de Xochimilco y Tláhuac y, en mucha menor proporción, la vegetación acuática que prospera en las orillas de arroyos de montaña se ubica en la región de Bosques y Cañadas.

En los canales de Xochimilco y Tláhuac predominan los tulares de espadaña o tule (*Typha latifolia*) y de tule (*Schoenoplectus californicus*), aunque también es común la presencia de las siguientes especies: chilillo (*Polygonum anfibium* var. *stipulaceum*), *Cyperus semiochraceus*, ombligo de venus (*Hydrocotyle ranunculoides*), lechuga de agua (*Pistia stratiotes*), berro (*Berula erecta*), ninfa (*Nymphaea mexicana*); (figura 15), apalacate, orejilla (*Hydromystria laevigata*), *Myriophyllum aquaticum* y estrella de agua (*Jaegeria bellidiflora*). Las especies flotantes son comunes y a veces forman espesas capas de diferentes especies de lentejilla y chichicastle (*Lemna* spp.) y helecho de agua (*Azolla filiculoides*), incluso llegan a cubrir por completo los espejos de agua de los canales. Una mención aparte merece el lirio (*Eichhornia crassipes*), especie invasora no nativa de México que en ocasiones llega a cubrir por completo los canales, convirtiéndose en un problema para el equilibrio natural de este ecosistema, ya que su abundancia promueve el establecimiento de condiciones anóxicas, reduce la iluminación y no permite el calentamiento del cuerpo de agua por irradiación, además de causar diferentes problemas al hombre, entre ellos, al dificultar la navegación (Orozco-Segovia y Vázquez-Yanes 1993).





Figura 14. *a*) Vista aérea de los canales y chinampas de Xochimilco, y *b*) vista de un canal de Xochimilco y su vegetación acuática y subacuática. Fotos: J.E. Rivera Hernández.

Por otro lado, entre las especies herbáceas que prosperan en las orillas de los arroyos y pequeñas zonas inundables de montaña, se registran *Juncus* spp., *Carex* spp., nextamalxóchitl o pata de león (*Ranunculus* spp.), Veronica spp., *Epilobium ciliatum*, *Mimulus glabratus*, cola de caballo (*Equisetum hiemale* var. *affine*) y *Cardamine obliqua*. Existe también la vegetación leñosa o de galería que prospera a la orilla de canales y arroyos, como el ahuejote (*Salix bonplandiana*), especie típica de Xochimilco y Tláhuac, utilizada para retener el suelo de las chinampas. Del mismo modo, formando parte de la vegetación de galería de los diferentes arroyos de la Ciudad de México encontramos al ahuehuete (*Taxodium mucronatum*), aile (*Alnus acuminata*), fresno (*Fraxinus uhdei*) y jarilla (*Baccharis salicifolia*).



Figura 15. Ninfa (*Nymphaea mexicana*), planta acuática que se encuentra protegida por la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de amenazada. Foto: J.E. Rivera Hernández.

Importancia ecológica, económica y cultural

Desde el punto de vista ecológico, los bosques del sur de la Ciudad de México representan un importante corredor biológico (espacio geográfico en donde existe conectividad entre ecosistemas naturales y modificados, para asegurar el mantenimiento de la diversidad biológica y sus procesos ecológicos y evolutivos, a través de la migración y la dispersión de las especies de flora y fauna silvestre, CONABIO 2012), junto con los bosques de Morelos al sur y los del Estado de México al este y oeste. Las extensiones de bosque de *Abies* (oyamel) en la Ciudad de México y su extensión hacia Morelos y el Estado de México son las más importantes en el país en cuanto a su extensión (Rzedowski, 1978); (figura 16). De la misma manera, son importantes los bosques de *Pinus* (pino) y matorrales xerófilos que se extienden hacia el estado de Morelos y que forman un continuo con el ANP Corredor Biológico Chichinautzin (CONANP 2011).

Los bosques de la Ciudad de México prestan importantes servicios ecosistémicos, entre ellos: la captación, filtración y mejoramiento de la calidad del agua, el control de los ciclos hidrológicos, la generación de oxígeno y asimilación de diversos contaminantes, el mantenimiento de la calidad gaseosa de la atmósfera (la cual ayuda a regular el clima), la generación y conservación de suelos fértiles, proporcionan alimentos, materias primas y recursos genéticos, medicinales y ornamentales, son un refugio para la vida silvestre y la conservación de la biodiversidad y representan espacios naturales con belleza escénica para la recreación, investigación científica y educación, entre muchos otros (De Groot *et al.* 2002, Hassan *et al.* 2005, Fisher *et al.* 2009).

Desde el punto de vista económico y cultural, los bosques de la ciudad cuentan con un decreto presidencial de veda forestal desde el año de 1947, el cual limita el aprovechamiento de este recurso, destinándose estos bosques a su conservación y prestación de servicios ecosistémicos (Presidencia de la República 1947). Por otra parte, existen muchas especies de plantas que proporcionan alimentos, materias primas (madera) y recursos genéticos (semillas), medicinales y ornamentales que tienen una gran importancia económica y cultural. Estudios sobre aspectos etnobotánicos realizados en diferentes pueblos de la localidad mencionan 186 especies útiles, entre las que destacan las medicinales con más de 130, muchas de ellas con más de un tipo de uso (Ruiz 1989, Castillo 1991, Valdivia 2006, García 2008). Entre las plantas útiles podemos mencionar el pericón (*Tagetes lucida*; figura 17; medicinal), cola de caballo (*Equisetum hyemale* subsp. *affine*; medicinal), mil en rama (*Achillea millefolium*; medicinal), girasol morado (*Cosmos bipinnatus*; ornamental), gordolobo (*Gnaphalium semiamplexicaule*; medicinal), nopal de castilla (*Opuntia ficus-indica*; comestible), encinos (*Quercus* spp.; combustible y maderable), entre muchas otras (Ruiz 1989, Castillo 1991, Valdivia 2006, García 2008).



Figura 16. Vista panorámica de los bosques de *Abies* (oyamel) en la delegación Cuajimalpa y su extensión hacia el Estado de México. Foto: J.E. Rivera Hernández.

A pesar de que la Ciudad de México es la urbe más desarrollada y cosmopolita del país, aún aloja en pueblos y barrios a grupos de población nativa, principalmente de la cultura nahua, en las delegaciones Milpa Alta, Xochimilco, Tláhuac, Tlalpan y Magdalena Contreras (Wacher 2006). Dada la estrecha relación que guardan las comunidades indígenas con los bosques en los que habitan, no es coincidencia que en estas delegaciones es donde se ubican los bosques más extensos y mejor conservados de la ciudad (Wacher 2006, Yanes 2007), pues se ha comprobado que las comunidades indígenas poseen estrategias de conservación tradicionales para lograr un uso sustentable de sus recursos (Alcántara-Salinas 2011).

Situación y estado de conservación actual

Hasta el momento no existen estudios que monitoreen o determinen el estado de conservación de los ambientes naturales de la Ciudad de México; el esfuerzo más cercano a este tema es la actualización del Programa General de Ordenamiento Ecológico (UAEM 2012), en el cual, sin embargo, no se realizó un análisis específico sobre el tema. No obstante, es un hecho que la creciente urbanización que enfrentan estos ecosistemas representa problemas como el cambio de uso de suelo para cultivos, cría de ganado y contaminación, tanto atmosférica como de



Figura 17. Pericón (*Tagetes lucida*), planta utilizada para cocer los elotes y para tratar malestares estomacales. Foto: J.E. Rivera Hernández.

residuos sólidos y líquidos (Rivera y Flores 2013). A pesar de esto, estos ecosistemas aún conservan gran parte de la biodiversidad que resguardan desde hace cientos de años y presentan un grado de conservación aceptable si consideramos la presión que ejercen las diferentes actividades humanas. De esta manera, algunos ambientes naturales aún resguardan la mayoría de sus especies características (que son propias y dan identidad a cada tipo de vegetación), sobre todo aquellos ambientes que se encuentran más alejados del área urbana. Por ejemplo, los bosques de *Abies* (oyamel) de la delegación Milpa Alta representan los bosques mejor conservados de la ciudad, debido principalmente a su poca accesibilidad y alejamiento de los asentamientos humanos. Por otro lado, los encinares y matorrales de la sierra de Guadalupe, cerro de la Estrella y la delegación Xochimilco, así como los humedales de Xochimilco, que se encuentran en zonas cercanas a la urbanización, presentan un bajo estado de conservación y representan los ecosistemas más amenazados en la ciudad.

Finalmente, cabe mencionar que en el Parque Nacional Desierto de los Leones, ubicado en la región Bosques y Cañadas, existe una zona de aproximadamente 500 ha, la cual fue afectada por los incendios de 1998 y que actualmente presenta un estado de recuperación bastante avanzado, tanto de regeneración natural, como por las acciones de reforestación que se han llevado a cabo en estos sitios a través de los años, principalmente con especies nativas (Rivera y Flores 2013). Estos árboles aún no alcanzan la altura suficiente para observarse a la distancia, pero basta acercarse para darse cuenta del proceso de recuperación que ahí se está llevando a cabo (figura 18).

Problemática y amenazas

Como lo describen Rivera y Flores (2013), debido a la proximidad de la urbanización de la Ciudad de México, los ambientes naturales están expuestos a diferentes presiones, las cuales se enlistan y describen brevemente a continuación:

Contaminación ambiental. Esta problemática es la principal que afecta tanto a los bosques como a la Ciudad de México (figura 19). La contaminación afecta principalmente a los bosques del sur del territorio, específicamente, a los de *Abies* (oyamel) y, en menor proporción, a los de *Pinus* (pino). La zona



Figura 18. Vista de la zona incendiada del Parque Nacional Desierto de los Leones, donde se observa la regeneración natural de oyamel y la reforestación con *Pinus ayacahuite*. Foto: J.E. Rivera Hernández.

más afectada es la del poniente, principalmente el Parque Nacional Desierto de los Leones y la cañada de Contreras, en donde los vientos dominantes llevan los contaminantes y, además, las condiciones topográficas y altitudinales de la zona promueven que las emisiones pasen ahí gran parte del día. Entre las características que presentan los árboles afectados están la disminución en el follaje, el crecimiento desmedido por exceso de compuestos de nitrógeno (Smith y Smith 2001) y un amarillento de las hojas (moteado clorótico), producido por los altos niveles de ozono (Ciesla y Macías 1987); (figura 20).

Acumulación de residuos sólidos y líquidos. Cada vez es más común encontrar acumulación de estos residuos en las áreas naturales del norte y sur de la localidad, especialmente, en aquellas que son utilizadas como zonas turísticas o de esparcimiento. Los residuos sólidos provienen principalmente de estas actividades turísticas y de recreación (en sitios como la cañada de Contreras por el río Magdalena, al volcán Ajusco o al cerro de la Estrella), aumentando considerablemente su volumen en temporada vacacional. Los residuos también provienen de las acciones de reforestación (bolsas negras) y en algunas zonas, como la zona de barrancas del poniente, los residuos líquidos emanan de un gran número de descargas de aguas residuales de casas-habitación.

Incendios forestales. Los incendios han sido a través del tiempo la principal amenaza para los bosques del planeta. En México, cada año los bosques, matorrales y pastizales están amenazados por los incendios forestales, especialmente en los años en donde la temporada de sequía es muy marcada o muy larga. En la Ciudad de México, todos los incendios forestales son provocados por la mano del hombre, ya sea intencional o accidentalmente. Las zonas que más comúnmente se incendian son las de pastizales y pinos de montaña (que tienen el suelo cubierto por pastizal) y que se ubican en la región Bosques y Cañadas, seguidas en importancia por las zonas de humedales de las delegaciones Xochimilco y Tláhuac (en la región de Humedales de Xochimilco y Tláhuac). Durante el año 2012, se registraron 357 incendios forestales con una superficie afectada de 360 ha, con un promedio por incendio de 1.01 ha. Sin embargo, todas las áreas naturales de la ciudad han presentado y continúan presentando eventos de incendios (CORENA 2012*a*).

Invasión de la mancha urbana y agrícola. Evidentemente, la mayor parte de los problemas antes mencionados son provocados por la presencia del ser humano en la frontera de los ambientes naturales, a los que se suman problemáticas originadas por asentamientos regulares e irregulares en tierras de vocación forestal (figura 21). Aunado a esto, la expansión de la frontera agropecuaria, las invasiones, la caza furtiva y clandestina y la construcción de diversas vías de comunicación representan importantes barreras para el desplazamiento de muchas especies de flora y fauna silvestres. Estos problemas han causado la disminución y pérdida del hábitat de numerosas especies, provocando a su vez que muchas especies de flora y fauna estén en riesgo de desaparecer localmente, como lo mencionan Rzedowski y Rzedowski (1993).

Oportunidades y acciones de conservación

Como respuesta a las diferentes problemáticas ya mencionadas, tanto el Gobierno Federal, a través de la Comisión Nacional Forestal (CONAFOR) y la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT); como el gobierno local, a través de la Comisión de Recursos Naturales (CORENA), la Secretaría del Medio Ambiente (SMA), Gobierno del Distrito Federal (GDF), e incluso la sociedad civil y los pueblos propietarios de los bosques, han tomado una serie de acciones para garantizar la conservación de la biodiversidad y los ambientes



Figura 19. Vista de la Ciudad de México desde la carretera al Desierto de los Leones, a las 8:30 a.m. Foto: J.E. Rivera Hernández.

Figura 20. Efecto de la contaminación por ozono, sobre las acículas de los pinos. Foto: J.E. Rivera Hernández.



Figura 21. Vista panorámica del cerro del Judío (Parque Nacional Lomas de Padierna), notándose las invasiones y el avance de la mancha urbana sobre las áreas naturales. Foto: J.E. Rivera Hernández.

naturales de la ciudad, de los que podemos mencionar los siguientes (Rivera y Flores 2013):

El establecimiento del Sistema de Áreas Naturales Protegidas (SIANP). El sistema fue establecido por la SMA. Actualmente está compuesto por 22 ANP (dos de ellas con doble decreto), entre las que sobresalen cuatro reservas ecológicas comunitarias y un área comunitaria de conservación ecológica (figura 22). En total, en la Ciudad de México se encuentran protegidas un poco más de 26 000 ha (CORENA 2012*b*; para profundizar en este tema se recomienda ver Áreas Naturales Protegidas en esta obra). Es importante mencionar la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel que mantiene la Universidad Nacional Autónoma de México, pues representa la única área protegida particular y la cual protege una importante superficie de matorral xerófilo del Pedregal de San Ángel, ubicado en las partes más bajas de la ciudad.

Acciones de reforestación, prevención y atención a incendios forestales, sanidad forestal, ordenamiento ganadero, reconversión productiva y obras de conservación de suelo y agua. Estas acciones se llevan a cabo por las diferentes instancias de gobierno (CONAFOR, CORENA-SMA y delegaciones políticas), apoyadas por las comunidades rurales del sur de la localidad, quienes tienen una participación activa en cada una de estas actividades, siendo las comunidades las encargadas de la vigilancia, brigadas para el combate de incendios forestales, reforestación comunitaria y otros proyectos productivos y de conservación que son amigables con el medio ambiente (producción de pinos de navidad, producción de cultivos en invernadero, reproducción de peces en estanques, etc.) y que con su ejecución se promueve la conservación de los recursos naturales y se detiene el avance de la frontera agrícola y el cambio de uso de suelo.



Figura 22. Vista del volcán Ajusco (Parque Nacional Cumbres del Ajusco), desde la Reserva Ecológica Comunitaria de San Nicolás Totolapan, una de las más recientes ANP de la Ciudad de México. Foto: J.E. Rivera Hernández.

El Gobierno de la Ciudad de México, a través de la SEDEMA, cuenta con uno de los viveros forestales más grandes de Latinoamérica que produce árboles y arbustos para la reforestación de la entidad y los estados circunvecinos. Este vivero tiene capacidad para producir 30 millones de plantas al año, aunque su producción anual promedio real es de ocho millones, de 34 especies nativas (Encinas 2006, Montes 2010, CORENA 2012*c*). Por otra parte, la SEDEMA ha creado la Dirección de Educación Ambiental con diferentes centros (Acuexcómatl en Xochimilco, Yautlica en la sierra de Santa Catarina y Ecoguardas en el camino al Ajusco), además de mantener la red de ciclovías de la Ciudad de México. Se realizan diferentes proyectos de educación ambiental (figura 25) y ecoturismo comunitario llevadas a cabo tanto por el gobierno local como por las comunidades rurales de la Ciudad de México, los cuales representan iniciativas valiosas para la conservación de los bosques y una alternativa productiva para realizar un aprovechamiento indirecto de los recursos naturales.

Conclusión

La flora de la Ciudad de México es muy importante por la cantidad de especies que habitan en su territorio (1 607), las cuales representan casi 70% de la flora que habita en toda la cuenca de México. Adicionalmente, casi 40% de sus especies son endémicas de México y 25 se encuentran bajo alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010, lo cual resalta la importancia de su conservación.

En la Ciudad de México, se pueden encontrar todos los tipos de vegetación descritos para la cuenca de México, que representan a seis de los 10 tipos que existen en nuestro país. Esto tiene



Figura 23. Acciones de educación ambiental *in situ*, en apoyo a la conservación de los bosques. Foto: J.E. Rivera Hernández.

mayor relevancia si tomamos en cuenta que la ciudad representa apenas 0.1 % de la superficie de México (INEGI 2012). La Ciudad de México, junto con el estado de Morelos y el Estado de México, resguardan las más grandes superficies de bosque de oyamel del país.

Esta importante diversidad vegetal y de ambientes se ve amenazada por la proximidad de la Ciudad de México y una serie de problemáticas derivadas, siendo la más importante la contaminación ambiental. El hecho de que los ambientes naturales estén tan cerca de la ciudad hace que la importancia de éstos aumente, pues brindan importantes servicios ambientales que permiten la subsistencia de la gran ciudad. Por esa razón, es muy importante que los gobiernos federales y locales, así como la sociedad civil en general, tomen cartas en el asunto, llevando acciones tales como la protección y conservación de los relictos de bosque mesófilo de montaña de la cañada de Contreras, o bien, procuren la conservación de aquellas especies que se encuentran en alguna categoría de riesgo, además de la restauración apropiada de los ambientes naturales con especies nativas y en sitios adecuados, entre otras acciones prioritarias. La conservación de la flora y vegetación nativa favorecerá en gran medida la subsistencia y viabilidad de la Ciudad de México. A pesar de que los esfuerzos realizados hasta el momento han sido importantes, se debe priorizar la conservación de los recursos naturales de esa entidad, pues mientras la prioridad sean los asuntos políticos y económicos, los esfuerzos siempre serán limitados.

Agradecimientos

A mi institución, el Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, s.c. (GEOBICOM, s.c.), por brindarme su apoyo y el tiempo para la redacción de este capítulo. A Feliza Ramón, Abel F. Vargas y los revisores anónimos que enriquecieron el manuscrito final con sus comentarios y correcciones. Finalmente a la CONABIO, por la invitación a escribir este capítulo, que representa una valiosa oportunidad para compartir experiencias y observaciones sobre los ambientes naturales de la Ciudad de México y su flora.

Referencias

Alcántara-Salinas, G. 2011. *A comparative study of Cuicatec and Zapotec Ethno-ornithology, with particular reference to contextual variation in a time of environmental and social change in Oaxaca, México*. Tesis doctoral en Etnobiología. Universidad de Kent, Reino Unido.

Arreguín-Sánchez, M.L., R. Fernández Nava y D.L. Quiroz-García. 2004. *Pteridoflora del Valle de México*. SEP/IPN.

Beard, J.S. 1946. Los clímax de vegetación en la América tropical. *Revista de la Facultad Nacional Agronómica de Medellín* 6:225-293.

Castillo, C. 1991. *Estudio de las plantas medicinales en el pueblo de la Magdalena Petlacalco, Tlalpan, D. F.* Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Ciesla, M. y J.E. Macías. 1987. Desierto de los Leones: A forest in crisis. *American Forest* 93 (11/12): 29-31.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2012. Corredores biológicos. Biodiversidad Mexicana. En: <*http://www.biodiversidad.gob.mx/corredor/corredoresbio.html*>, última consulta: 8 de octubre de 2013.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2011. Cobertura de las áreas naturales protegidas federales de méxico. En: <*http://www.conabio.gob.mx/informacion/gis/*>, última consulta: 4 de junio de 2012.

CORENA. Comisión de Recursos Naturales del Gobierno del Distrito Federal. 2012*a*. Incendios forestales. Notas diarias. Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales. Gobierno del Distrito Federal. En: <*http://www.sma.df.gob.mx/corena/*>, última consulta: 26 de noviembre de 2012.

——. 2012*b*. Áreas naturales protegidas del D.F. Reporte interno. Coordinación de Áreas Naturales Protegidas, Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales, Secretaría del Medio Ambiente, Gobierno del D.F.

——. 2012*c*. Vivero de San Luis Tlaxialtemalco. Dirección General de la Comisión de Recursos Naturales. Gobierno del Distrito Federal. En: <*http://www.sma.df.gob.mx/corena/*>, última consulta: 27 de noviembre de 2012.

De Groot, R.S., M.A. Wilson y R.M.J. Boumans. 2002. A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41:393-408.

Encinas, A. 2006. El vivero San Luis Tlaxialtemalco cuenta con el desarrollo tecnológico más importante de América Latina. Transcripción del martes, 13 de junio. Dirección de Comunicación Social del GDF. En: *http//www.comsoc.df.gob.mx*, última consulta: 27 de noviembre de 2012.

Espejo-Serna, A., A.R. López-Ferrari e I. Salgado-Ugarte. 2004. A current estimate of angiosperm diversity in Mexico. *Taxon* 53(1): 127-130.

Fisher, B., R.K. Turner y P. Morling. 2009. Defining and classifying ecosystem services for decision making. *Ecological Economics* 68: 643-653.

García, Y. 2008. *Las plantas útiles de la cuenca del río Magdalena, D. F. Una guía ilustrada*. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.

Gobierno del Distrito Federal. 2000. *Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal 2000-2003*. Secretaría del Medio Ambiente, Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural.

Hassan, R. Scholes y N. Ash (eds.). 2005. *Ecosystems and human well-being: current state and trends: findings of the condition and trends working group* Volume I. Island Press and Millennium Ecosystem Assessment.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2012. Información por entidad. Distrito Federal. En: *http://cuentame.inegi.org.mx/monografias/ informacion/df/ territorio/ default.aspx?tema=me&e=09, última consulta*: 5 de diciembre de 2012.

Koleff, P. y J. Soberón. 2008. Patrones de diversidad espacial en grupos selectos de especies. pp. 323-364 En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México.

Miranda, F. y E. Hernández X. 1963. Los tipos de vegetación de México y su clasificación. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 28: 29-179.

Montes, R. 2010. El vivero más grande de América Latina está en Xochimilco. Medio Ambiente / Distrito Federal. InfoRural. En:*http://www.inforural.com.mx/spip.php?article61582*, última consulta: 27 de noviembre de 2012.

Orozco-Segovia, A. y C. Vázquez-Yanes. 1993. *Especies invasoras: Su impacto sobre las comunidades bióticas*. Pronatura y Conservation International México, A. C.

Presidencia de la República. 1947. Decreto de veda indeterminada para los bosques del Distrito Federal. Diario Oficial de la Federación (DOF). Publicado el 12 de marzo de 1947 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma.

Rivera, J.E. y A. Espinosa H. 2007. La flora y vegetación del Distrito Federal. pp. 231-253. En: *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. Luna V., I., J.J. Morrone y D. Espinosa O. (eds). CONABIO/ UNAM.

——. 2011. Nueva información sobre registros recientes de las familias Meliaceae, Poaceae y Viscaceae en la flora fanerogámica del Distrito Federal, México. *Revista Científica UDO Agrícola* 11(1): 1-6.

Rivera, J.E. y N. Flores-Hernández. 2013. *Flora y Vegetación del Distrito Federal*. Conservación y Problemática. Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, s.c. y Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.

Ruiz, L.C. 1989. *Contribución al estudio de las plantas medicinales de la Delegación Xochimilco*, D. F. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.

Rzedowski, J. 1966. Vegetación del Estado de San Luis Potosí. *Acta Científica Potosina* 5:5-291.

——. 1978. *Vegetación de México*. Editorial Limusa. Primera Edición. México, D. F.

——. 1996. Análisis preliminar de la flora vascular de los bosques mesófilos de montaña de México. *Acta Botánica Mexicana* 35:25-44.

Rzedowski, J. y G.C. de Rzedowski. 1989. Sinopsis numérica de la flora fanerogámica del Valle de México. *Acta Botánica Mexicana* 8: 15-30.

——. 1993. Datos sobre la dinámica de la flora fanerogámica del Valle de México, con énfasis en especies nativas raras, en peligro de extinción y aparentemente extintas. *Acta Botánica Mexicana* 25: 81-108.

Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowski, *et al*. 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª Edición. INECOL/CONABIO, Pátzcuaro, México.

Sánchez, O. 1968. *La flora del Valle de México*. Editorial Herrero, S.A. México.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM **059** SEMARNAT **2010**. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Smith, R.L. y T.M. Smith. 2001. Ecología. Pearson Educación, S.A. 4ª Edición. Madrid.

UAEM. Universidad Autónoma del Estado de Morelos. 2012. Actualización del Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal. Fase de caracterización. Gobierno del Distrito Federal y Universidad Autónoma del Estado de Morelos.

Valdivia, E. 2006. *Recolección de la flora medicinal del sureste del DF, México*. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM.

Villaseñor, J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 3(28): 160-167.

Villaseñor, J.L. y E. Ortiz. 2014. Biodiversidad de las plantas con flores (División Magnoliophyta) en México. *Revista Mexicana de biodiversidad*, *Supl*. 85: S134-S142

Wacher, M.M. 2006. *Nahuas de Milpa Alta (Pueblos indígenas del México contemporáneo)*. Comisión Nacional para el Desarrollo de los Pueblos Indígenas (CDI). México.

Yanes, P.E. 2007. *El desafío de la diversidad. Los pueblos indígenas, la Ciudad de México y las políticas del Gobierno del Distrito Federal, 1998-2006*. Tesis de maestría en Gobierno y Asuntos Públicos. Facultad de Ciencias Políticas y Sociales, UNAM. México.



Diversidad de hongos y plantas

Foto: César Hernández-Hernández.


6.1

Resumen ejecutivo

Diversidad de hongos y plantas

Héctor Perdomo Velázquez

La Ciudad de México alberga 7% de todas las especies de plantas vasculares del país, incluyendo 229 especies que son endémicas para México. Ocupa el lugar 27 en cuanto a riqueza de plantas, por encima de estados como Yucatán o Quintana Roo. Algunas de las familias con mayor riqueza son las asteráceas, leguminosas, gramíneas, orquídeas, euforbiáceas, labiadas y ciperáceas. Sin embargo, factores como la contaminación y pérdida de hábitat amenazan a 25 especies vegetales consideradas en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010. En esta sección se presentan estudios que muestran el conocimiento que se tiene sobre la diversidad de la Ciudad de México, que van desde un recuento histórico de los principales estudios florísticos de la cuenca de México hasta el conocimiento más reciente sobre los principales grupos que se distribuyen en la entidad, como musgos y orquídeas. En estos capítulos también se presenta un diagnóstico de las principales amenazas y recomendaciones sobre acciones de conservación para los grupos que se encuentran amenazados o en peligro de desaparecer.

Existen registros del conocimiento y uso de las plantas de la entidad desde tiempos prehispánicos, sin embargo en las cartas de Hernán Cortes al Emperador Carlos V, se consideran los primeros registros sistematizados. Esta sección incluye un recuadro en donde se hace un recuento histórico de los principales estudios florísticos de la cuenca de México. A continuación se hace un resumen de los aspectos más relevantes de la diversidad de hongos y plantas de la Ciudad de México:

Se tiene conocimiento de que las culturas prehispánicas conocían y usaban los hongos. La revisión más reciente contabiliza un total de 264 especies de hongos macromicetos para la ciudad, y resalta que en el país sólo se conoce 5% del total de especies estimadas.

Los musgos son plantas pequeñas que crecen en diversos sustratos, son un grupo importante para la retención de agua de lluvia y evitar la erosión y es considerado como indicador de la salud ambiental. La revisión más reciente contabiliza una riqueza de 248 especies y variedades, localizados principalmente en ambientes montañosos alrededor de la cuenca de México. También hay 64 especies de musgos exclusivos de sustratos urbanos como *Bryum argenteum* y *Funaria hygrometrica*, que se pueden encontrar en sustratos urbanos como jardines, paredes, ladrillos y hasta coladeras. La lluvia ácida,

Perdomo-Velázquez, H. 2016. Resumen ejecutivo. Diversidad de hongos y plantas. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 53-55.

la contaminación y la introducción de especies exóticas son las principales amenazas de los musgos de en la ciudad.

Los licopodios y helechos forman un grupo denominado pteridobiontes, caracterizado por carecer de semillas y frutos. El listado actualizado de este grupo para la entidad consta de 108 especies, que representan 6.6% de la flora vascular en la ciudad. Las plantas de este grupo brindan diversos servicios ambientales como formadores de suelo, medicamentos o follaje en la floristería. Se calcula que 22% de las especies han desaparecido y que 44% tienen fuerte riesgo de disminuir sus poblaciones, además que ninguna se encuentra en la Norma Mexicana 059.

Las ocho especies de pinos presentes en la Ciudad de México representan 13% del total de especies en el país y sus bosques cubren cerca de 8% de la superficie de la ciudad, predominando en altitudes de 2 450 msnm. Los pinos son hábitat importante de muchas especies de animales, hongos, bacterias e incluso de otras plantas. En la entidad los bosques de pinos son importantes para la recarga de acuíferos como el Gran Bosque de Agua, además proveen la producción maderable más importante del país con 75%. La tala clandestina y los incendios forestales son dos de las diversas amenazas de este grupo vegetal.

Los encinos se caracterizan por ser árboles leñosos que tienen hojas duras, así como frutos llamados nueces o bellotas, y pueden llegar a medir hasta 60 metros. México es el país con mayor número de especies de encinos en el mundo con 180, 16 de las cuales se encuentran en la Ciudad de México, y 13 de las cuales son endémicas al país. Los bosques de encino se localizan principalmente en la región de Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, aunque también se registran en Bosques y Cañadas, en la Sierra de Guadalupe y en Parques y Jardines Urbanos. Las raíces de los encinos mantienen relaciones de cooperación mutua con hongos formando estructuras llamadas micorrizas, que hacen eficiente la toma de nutrientes del suelo. Se estima que el follaje de un encino puede albergar hasta 258 especies de artrópodos, y que la ciudad ha perdido 70% de la extensión de los bosques de encino por causa de la transformación de terrenos para uso agrícola o por remplazo por otros árboles como eucaliptos.

Los árboles en general son elementos importantes de la vegetación urbana ya que proveen servicios ecosistémicos directos a los habitantes de las ciudades. Se incluye un estudio en donde se hace un recuento histórico del estado original de la cuenca de México y la introducción paulatina de árboles como el pirú (*Schinus molle*) y el olivo (*Olea europaea*), hasta los eucaliptos (*Eucalyptus* spp.) y las casuarinas (*Casuarina* spp.); así como una descripción de las especies arbóreas para cada una de las regiones de la entidad.

México es uno de los centros de riqueza de la familia Leguminosae (tambièn conocida como Fabacea). La última revisión de este grupo de plantas para la ciudad incluye 97 especies, de las cuales 53% son endémicas estrictas del país. De de éstas 35% tienen algún uso medicinal (palo dulce, *Eysenhardtia polystachya*), ornamental (frijolillos, *Lupinus* spp.) o alimenticio (frijol ayocote, *Phaseolus coccineus*). El colorín (*Erythrina coralloides*) y el trébol (*Trifolium wormskioldii*) se encuentran en la categoría de amenazadas en la Norma Mexicana 059.

La familia de las euforbiáceas está conformada por plantas variadas que incluyen hierbas, arbustos, árboles y trepadoras. En la Ciudad de México se encuentran 33 especies concentradas en tres regiones: Bosques y Cañadas, Parques y Jardines Urbanos y Serranías de Xochimilco y Milpa Alta. La especie más conocida de esta familia es la flor de nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) y es cultivada por su importancia económica, sin embargo, otras especies como *Croton adspersus, Stillingia zelayensis, Ditaxis pringlei*, son raras y podrían llegar a desaparecer.

Las plantas labiadas (Lamiaceae) se caracterizan por sus pétalos que aparentan ser un par de labios. México es uno de los países con alta diversidad de especies, con 60% de endemismos. La Ciudad de México tiene 45 especies que habita principalmente en bosques de encino y de coníferas. Su importancia se debe a las sofisticadas interacciones que establecen con sus polinizadores y a la gran variedad de compuestos químicos aromáticos que producen como la menta (*Mentha* spp.) o el orégano (*Origanum vulgare*), entre otras. La disminución de sus hábitats dificulta encontrar especies como el mirto (*Stachys globosa*) y el té de monte (*Clinopodium macrostemum*).

Las orquídeas son conocidas por la variación notable de tamaño y coloración de sus flores, debido a los diferentes mecanismos de polinización. Es una de las familias con mayor riqueza y la entidad posee 69 especies. Desde épocas prehispánicas se les ha dado uso para elaborar pegamento, aromatizante y en el caso de la vainilla, como uno de los productos tropicales más rentables. Tres especies de orquídeas nativas de la ciudad están incluidas en categorías de riesgo en la Norma Mexicana 059: *Corallorhiza macrantha* y *Galeottiella sarcoglossa* como sujetas a protección especial y *Bletia urbana* como amenazada.

La vegetación acuática juega un papel muy importante en el funcionamiento de los ecosistemas lacustres y palustres. Su presencia en los distintos hábitats acuáticos es fundamental para el equilibrio y desarrollo de la vida acuática, por formar parte del alimento de herbívoros y omnívoros en las redes tróficas, y servir de refugio de invertebrados, anfibios y aves. Se calcula que debieron existir cerca de 70 especies de plantas acuáticas estrictas. Actualmente la vegetación acuática de la Ciudad de México tiene una distribución fragmentada por la desecación de ambientes acuáticos, por lo que se cuenta un máximo de 35 especies. Se reportan cuatro especies como amenazadas en la Norma Mexicana 059: *Sagittaria macrophylla, Triglochin mexicanum, Lemna trisulca* y *Nymphaea mexicana*. A pesar que la mancha urbana cubre casi la mitad de la superficie de la entidad, los datos aquí presentados dan cuenta de la gran diversidad vegetal que se distribuye en una de las ciudades más pobladas del mundo; y del papel crucial de este grupo biológico en el mantenimiento de los servicios ecosistémicos (captación y filtración de agua, por ejemplo) que sustentan a la población de la entidad.

Diversidad de especies vegetales vasculares

Rafael Torres Colín

Descripción

Las plantas vasculares se caracterizan por tener un sistema de vasos conductores para transportar el agua y sales minerales de las raíces a las hojas, así como los nutrientes, producto de la fotosíntesis que se producen en las hojas, hacia el resto de la planta. La mayoría de éstas son terrestres y otras requieren de un hábitat acuático. Los grupos que las conforman son los helechos y licopodios (plantas vasculares que se reproducen por esporas), así como gimnospermas (plantas sin flor) y angiospermas (plantas con flor). El conocimiento de la riqueza y diversidad de las plantas vasculares en la Ciudad de México se debe principalmente a los estudios realizados por Sánchez (1979), Valiente y De Luna (1990) y Rzedowski y colaboradores (2001), en el valle de México y la Reserva del Pedregal de San Ángel. El inventario más completo y actualizado de la flora vascular de la ciudad que se conoce hasta hoy es el de Rivera-Hernández y Flores-Hernández (2013), cuyo trabajo está basado en la revisión de más de 8 300 registros de ejemplares botánicos de la entidad, de donde obtuvieron una lista de 1 607 especies de plantas vasculares.

Diversidad

En relación a las estimaciones de riqueza de angiospermas (también conocidas como Magnoliofitas), para México por estado (Villaseñor 2003), la capital ocupa el lugar 27 en riqueza de especies, por arriba de lo estimado para Quintana Roo, Aguascalientes, Yucatán y Tlaxcala; contiene aproximadamente 7% de todas las especies de plantas vasculares que existen en el país es decir, 1 643 especies pteridobiontes (helechos y licopodios; cuadro 1). Las asteráceas, leguminosas y gramíneas (Poaceae), son las familias más relevantes por su riqueza de especies en la ciudad, mismas que se encuentran entre las 15 con mayor número de especies nativas en la flora de México (Villaseñor 2003).

Cuadro 1. Riqueza de especies vegetales vasculares de México y su capital.

Grupo	México	Ciudad de México	% Nacional
Helechos y licopodios	1 008	108	10.71
Gimnospermas	136	13	9.55
Angiospermas	22 351	1 522	6.80
Total	23 495	1 643	6.99

Fuente: helechos y licopodios (Tejero-Díez y Torres-Díaz, en esta obra); gimnospermas (Vóvides 2000, Gernandt y Pérez de la Rosa 2013); angiospermas para México (Villaseñor 2003); angiospermas para la Ciudad de México (Rivera-Hernández y Flores Hernández 2013).

Torres-Colín, R. 2016. Diversidad de especies vegetales vasculares. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.56-60.

Cuadro 2. Familias de plantas vasculares más relevantes por su riqueza y endemismo de especies en la flora de México y su capital.

Familia	Especies en México (Villaseñor 2003, excepto las que se indican con otros autores)	Especies en la Ciudad de México	Especies en la Ciudad de México y endémicas de México
Asteraceae	3 021	314 [D]	138 [M]
Leguminosae	1 850 [A]	97 [E]	52 [N]
Poaceae	1 187	149 [F]	-
Orchidaceae	1 145 [B]	69 [G]	29 [O]
Euphorbiaceae	826 [C]	33 [H]	-
Lamiaceae	530	45 [I]	23 [P]
Cyperaceae	426	73 [J]	-
Fagaceae	180	16 [K]	13 [Q]
Pinaceae	61	8 [L]	3 [R]

Fuente: [A] (Sousa y Delgado 1998), [B] (Salazar *et al*. en esta obra), [C] (Martínez y Ginez, en esta obra), [D] (Villaseñor y Ortíz 2007), [E] (Torres en esta obra), [F] (Rivera-Hernández y Espinosa-Henze, 2007), [G] (Salazar *et al*. en esta obra), [H] (Martínez y Ginez en esta obra), [I] (García *et al*. en esta obra), [J] (Rivera-Hernández y Espinosa-Henze 2007), [K] (Romero-Mata y Cano-Santana en esta obra), [L] (Gernandt en esta obra), [M] (Villaseñor y Ortíz 2007), [N] (Torres en esta obra), [O] (Salazar *et al*. en esta obra), [P] (García *et al*. en esta obra), [Q] (Romero-Mata y Cano-Santana en esta obra), [R] (Gernandt en esta obra).

Otras familias con un alto número de especies son las orquídeas, euforbiáceas, labiadas y ciperáceas (cuadro 2).

La información sobre el endemismo de especies vegetales en la Ciudad de México es escasa, pero se conocen por lo menos 258 especies de plantas vasculares de la flora de la entidad que son endémicas del país. Éstas pertenecen a algunas de las familias más relevantes por su riqueza o por su importancia ecológica, como asteráceas, leguminosas, labiadas, así como algunos encinos y pinos.

Importancia

Uno de los atributos de la riqueza vegetal en la ciudad radica en el uso de algunas especies de leguminosas como el frijol ayocote (*Phaseolus coccineus*) en alimentación, el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), como medicinal y la pata de vaca (*Bauhinia variegata* L.) muy utilizada en horticultura ornamental. De la división Lycopodiophyta son medicinales la cola de caballo (*Equisetum* spp.) y las doradillas (*Selaginella* spp.). De las euphorbiáceas, la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) se cultiva ampliamente como planta ornamental.

Los pinos, oyameles y encinos son de los componentes principales de los bosques templados y semihúmedos (Gernandt, en esta obra). México es un centro importante de riqueza y diversificación tanto de pinos como encinos (Valencia y Nixon 2004, Gernandt y Pérez-de la Rosa, 20014). Estos bosques tienen una gran importancia ecológica porque albergan una gran cantidad de especies que proporcionan importantes servicios ambientales a la ciudad, tales como captación y filtración del agua, asimilación de contaminantes, conservación de suelos y de vida silvestre, proporcionan alimentos, materias primas, recursos genéticos, medicinales, ornamentales, materiales de construcción y elementos de reforestación y ornato, también proveen de espacios naturales para la recreación, la investigación científica y educación ambiental (figura 1).

Amenazas y oportunidades de conservación

En cuanto a las amenazas y conservación de esta riqueza vegetal, existen riesgos significativos para las distintas familias y en algunos casos incluso se mencionan extinciones



Figura 1. Vista panorámica desde el cerro Teoca (Santa Cecilia Tepetlapa, delegación Xochimilco) de los valles y montañas de la Ciudad de México, donde se alberga su riqueza de plantas vasculares. Foto: Miriam Patricia Ramírez de Anda.

locales. Del total de especies vegetales en la ciudad, 25 se encuentran en alguna categoría de riesgo según la NOM-059-SEMARNAT-2010 (Rivera-Hernández y Flores Hernández 2013). La disminución de grandes extensiones de paisaje lacustre ocupadas por vegetación acuática, debido al crecimiento de la zona urbana y contaminación por descarga de aguas residuales a los cuerpos de agua, son el ejemplo más claro de la pérdida del hábitat y por consecuencia de especies biológicas en la entidad, ya que del total de la riqueza de plantas acuáticas, siete especies están catalogadas como vulnerables: *Sagittaria macrophylla*, *Triglochin mexicanum*, *Lemna trisulca*, *Wolffiella gladiata*, *Zannichellia palustris*, *Nymphaea gracilis* y *Nymphaea mexicana*, (véase Lot, en esta obra). A su vez, 43.5% de los helechos de la ciudad están en riesgo de disminuir sus poblaciones o de extinguirse debido al impacto originado por la actividad humana sobre las áreas naturales, aunque ninguna de estas especies se encuentra en las listas oficiales de protección (véase Tejero-Diez y Torres-Díaz, en esta obra). En las especies conocidas como licopodios, el uso de la cola de caballo (*Equisetum* spp.) y la doradilla (*Selaginella* spp.) podría ser una amenaza para su conservación, ya que se sabe que la mayoría son extraídas ilegalmente de su hábitat para comercializarlas como plantas medicinales.

En la familia de las leguminosas poco se sabe del estado de conservación de sus especies en la ciudad, y sólo el colorín (*Erythrina coralloides*) y el trébol (*Trifolium wormskioldii*), que se distribuyen en la entidad, han sido consideradas como especies amenazadas en las políticas de protección ambiental (mientras que el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*), de esta misma familia, es muy utilizado en la medicina tradicional, pero se encuentra protegido dentro de la Reserva del Pedregal de San Ángel (véase Torres, en esta obra) y en el bosque de Tlalpan.

Para Martínez y Ginez (en esta obra), ninguna especie de la familia euphorbiácea se encuentra en riesgo; sin embargo, algunas se consideran raras y probablemente en un futuro cercano puedan desaparecer de esta región.

En cuanto a la familia de las orquídeas, *Corallorhiza macrantha* y *Galeottiella sarcoglossa*, están consideradas como sujetas a protección especial y *Bletia urbana* como amenazada en la normatividad ambiental mexicana (SEMARNAT 2010) y otras especies de esta familia ya están extintas localmente o están en riesgo de desaparecer de la entidad (véase Salazar *et al.*, en esta obra).

En cuanto a los pinos, oyameles y encinos, ninguna de sus especies está considerada en riesgo; sin embargo las actividades humanas amenazan seriamente la existencia de los bosques que forman estas especies (véase Gernandt, en esta obra), señalando como principales amenazas el cambio de uso de suelo, la reducción de las áreas conservadas y la explotación excesiva. Es por ello que el

decreto de áreas naturales protegidas es una de las acciones básicas para lograr avances en materia de conservación de la flora vascular de la entidad.

De acuerdo con la Comisión de Recursos Naturales (CORENA), la Ciudad de México cuenta con 24 areas naturales protegidas decretadas por la Comision Nacional de Áreas Naturales Protegidas (ANP), como el Corredor Biológico Chichinautzin, Cumbres del Ajusco, Desierto de Los Leones, La Sierra de Guadalupe y el Bosque de Tlalpan, entre las más conocidas, y Milpa Alta, que aunque no es administrada por la CONANP, es considerada como área de protección (véase Méndez *et al.*, en esta obra). La Reserva del Pedregal de San Ángel no es un área oficialmente protegida por el Gobierno de la Ciudad de México o las instituciones federales; sin embargo, es resguardada por la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM) y alberga una cantidad importante de especies que componen la biodiversidad de esta entidad como es el caso de las orquídeas, donde se distribuye 45 % de las especies de esta familia que se distribuyen en la ciudad (Salazar *et al.*, en esta obra).

También es importante mencionar que, como en algunos estados de la república mexicana, en el sur de la ciudad (Xochimilco), existen modelos de conservación en los que participan las comunidades y ejidos de la región para impulsar su desarrollo (principalmente en producción agrícola), en armonía con los recursos naturales que poseen (comunicación personal). Si bién todo lo anterior es importante, es necesario realizar revaluaciones a los programas de manejo existentes (como el del ANP Bosque de Tlalpan) para conocer el verdadero impacto del sistema de ANP y de parques nacionales para su protección, sobretodo de las dinámicas poblacionales de especies endémicas, de aquellas que tienen algún uso y las catalogadas en alguna categoría de riesgo. Dichos estudios brindarán una base sólida que permitirá conocer el estatus de conservación de las especies e instituir programas adecuados para lograr la recuperación de las poblaciones, en especies amenazadas por las actividades humanas.

Referencias

Gernandt, D.S. y J.A. Pérez-de la Rosa. 2014. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Suplemento 85: S126-S133.

Rivera-Hernández, J.E. y N. Flores-Hernández, 2013. *Flora y vegetación del Distrito Federal. Conservación y problemática*. Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, S.C./UAM-Iztapalapa. México.

Rivera Hernández, J.E. y A. Espinosa Henze. 2007. Flora y vegetación del Distrito Federal. En: B*iodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. I. Luna-Vega, J.J. Morrone y D. Espinosa-Organista (eds.). UNAM/CONABIO. México, pp. 231-253.

Rzedowski, G.C. de y J. Rzedowski, *et al.* 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª Edición., INECOL/CONABIO, Pátzcuaro, México.

Sánchez, S.O. 1979. *La Flora del Valle de México*. 5. Editorial Herrero S.A., México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sousa, S.M. y A. Delgado S. 1998. Leguminosas mexicanas: fitogeografía, endemismo y orígenes. pp. 449-500. En: *Diversidad biológica de México: orígenes y distribución*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (compiladores). Primera edición en español. Instituto de Biología, UNAM.

Valencia Ávalos, S. y K.C. Nixon. 2004. Encinos. Pp. 219-225. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A. J. García-Mendoza, M.J. Ordñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología, UNAM/Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza/World Wildlife Fund, México.

Valiente, B.A. y E. de Luna G. 1990. Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Ángel, México D. F. *Acta Botánica Mexicana* 9:13-30.

Villaseñor, J. L., 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28 (3):160-167.
Villaseñor, J.L. y E. Ortíz, 2007. La familia Asteraceae. Pp. 289-310. En: *Biodiversidad de la faja volcánica transmexicana*. I. Luna, J.J. Morrone, y D. Espinoza (eds.), UNAM, México.
Vóvides, A.P., 2000. México: Segundo lugar mundial en diversidad de cícadas. CONABIO. *Biodiversitas* 31:6-10.

Recuadro

Estudios relevantes sobre la diversidad vegetal

Francisco González Medrano
Guadalupe Gabriela Hernández Mejía
Karla Carolina Nájera Cordero
Héctor Perdomo Velázquez

En México existen registros del conocimiento y uso de distintas plantas desde tiempos prehispánicos, sin embargo los primeros registros de manera sistematizada en español se pueden encontrar a partir de las *Cartas y relaciones de Hernán Cortés al emperador Carlos V* (1519-1526). Estos primeros estudios de diversidad vegetal del siglo XVI son en su mayoría registros que describen la gran riqueza recién descubierta, así como sus principales usos. Actualmente existen estudios especializados en ciertos grupos vegetales y en temas más específicos.

En el cuadro 1 se incluye una reseña histórica de los principales estudios florísticos en la cuenca de México desde el año 1519 al 2001. Esto permite conocer la literatura disponible, los principales autores, los sitios de colecta y las principales novedades florísticas de los estudios sobre vegetación en la entidad.

Actualmente existen muchos estudios de flora y vegetación para algunas áreas del valle de México, en los que se incluyen trabajos no publicados como tesis o informes de servicio social, materiales que no son de fácil acceso pero que son importantes para el conocimiento de la vegetación distribuida en la entidad.

En el presente trabajo se resaltan los estudios iniciales después de la conquista y algunos relevantes de tiempos recientes, sin embargo, es necesario continuar documentando la flora y vegetación para conocer el estado actual de este grupo biológico y establecer estrategias para su conservación.

González-Medrano, F., G.G. Hernández-Mejía, K.C. Nájera-Cordero y H. Perdomo-Velázquez. 2016. Estudios relevantes sobre la diversidad vegetal. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 60–66.

Cuadro 1. Recuento histórico de los principales estudios sobre diversidad vegetal.

Año	Autores	Novedades	Sitios de colecta	Publicación
1519-1526	H. Cortés	En la segunda carta, se refiere a los productos naturales especialmente a las plantas.	Mercado de Tlatelolco.	Cortés, H. 1526. *Carta de relación*. Porrúa.
1552	M. De la Cruz y J. Badiano	Incluye muchas plantas de importancia médica y económica. Contiene las primeras ilustraciones de plantas americanas, principalmente de México.	Valle de México.	De la Cruz, M. y J. Badianus. 1940. *The Badianus manuscript – an Aztec herbal*. Baltimore.
1568	B. Díaz del Castillo	Contiene interesantes noticias sobre vegetales de uso económico en México y en tiempos de la conquista.	México.	Díaz del Castillo, B. 1632. *Historia verdadera de la conquista de la Nueva España*. Madrid. Porrúa.
1570-1575	F. Hernández	Trata de los aspectos médicos y farmacológicos así como los procesos para su uso.	Valle de México.	Hernández, F. 1651. *Rerum medicarum Novae Hispaniae thesaurus, seu, plantarum animalium mineralium Mexicanorum historia*. Joannis Terentii Lineaei. Roma.
1787-1788	M. Sessé y J.M. Mociño	Resultado de la exploración de los botánicos de la Real Expedición de Historia Natural de Nueva España. Parte de sus trabajos fueron editados como "Flora mexicana" y "Plantae Novae" Hispaniae en 1887.	Diversos lugares cercanos a la ciudad como Tacubaya, San Ángel, Contreras y el Desierto de los Leones.	Sessé, M. y M. Mociño. 1887. *Plantae Novae Hispaniae y Flora Mexicana*. Springer. U.K.
1854	L. Río de la Loza y E. Craveri	Incluye una lista de plantas.	Desierto de los Leones.	Río de la Loza, L. y E. Cravieri 1854. Opúsculo sobre los pozos artesianos y las aguas naturales de más uso en la Ciudad de México. Imprenta de M. Murgia y Compañía. México.
1877-1881	M. Bárcena y colaboradores	Sugiere una lista de árboles útiles para reforestación. Incluye un calendario botánico.	Valle de México.	Bárcena *et al*. 1877-1881. Calendario botánico del valle de México. *Boletín de Mineralogía*. México. Vol (1-6).
1877-1878	E. Fournier	Distingue las zonas botánicas de México: litoral, templada, tropical, zona del agave sabana en su zona (7).	Parte del valle de México.	Fournier, E. 1900. Las zonas botánicas de México. *Progr. Mex*. 7:233-264.
1877-1878	E. Palmer	Recolectó material botánico.	Ciudad de México: canal de Chalco, Texcoco y San Juan Teotihuacán.	
1890	A. Herrera	Considera provincias zoológicas. Discute las plantas relacionadas con la vida animal incluyendo usos de las mismas.	Valle de México.	
1890	P. Maury	Recolectó material botánico. Los ejemplares se encuentran en el herbario del Instituto de Biología y en el Museo de Historia Natural de París.	Localidades del valle de México Pedregal de San Ángel, Desierto de los Leones, Santa Lucía, sierra de Guadalupe, etc.	En: Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowksi, *et. al*. 2005. *Flora faneorgámica del Valle de México*. INECOL/CONABIO, Pátzcuaro.

Cuadro 1. Continuación.

Año	Autores	Novedades	Sitios de colecta	Publicación
1893-1897	C. Guernsey-Pringle	Proporciona una larga lista de plantas vistas y colectadas.	Valle de México.	En: Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowksi, *et. al.* 2005. *Flora faneorgámica del Valle de México.* INECOL/CONABIO, Pátzcuaro.
1895	F. Altamirano	Describe la vegetación (nombres comunes y hábitat) y reporta el estado de la misma. Subraya la desaparición de oyameles (*Abies religiosa*) en el siglo XIX. Describe dos especies nuevas: *Halenia candida* y *Passiflora eslavensis*, registradas en XIX.	Al oeste de la ciudad, en la serranía de las Cruces, excursiones realizadas a las montañas del Ajusco y Serranía de las Cruces.	Altamirano, F. 1895. Excursiones a Texcoco. Publicado el 13 de marzo de 1895 en el periódico El Tiempo.
1897	J.W. Harshberger	Flora alpina del volcán Popocatépetl. Incluye diversas comunidades vegetales y plantas medicinales.	Volcán Popocatépetl y Ciudad de México, en los mercados y jardines flotantes (chinampas de Xochimilco).	Harshberger, J.W. 1897. An ecological study of the genus Talinum with descriptions of two species. *Bulletin of the Torrey Botanical Club* 24:178-188.
1897-1911	J.N. Rose y E.G. Baker	Describe algunas gramíneas e inclusive algunas nuevas especies.	Popocatépetl	Rose, J.N. y E.G. 1919. *Baker- Studies in the Mexican and Central American plants-* No. 7. En: *Contributions from the United States National Herbarium* 13(9)1919:291-312.
1897	F. Altamirano	Destacando ya para esas fechas la desaparición de Oyameles (*Abies religiosa*).	Zona oeste de la Ciudad de México en la serranía de las Cruces.	Altamirano, F. 1897. *Informe que rinde a la Secretaría de Fomento el director del Instituto Médico Nacional.* México.
1898	J. Ramírez	Describe regiones botánicas y florísticas.	Valle de México.	Ramírez, J. 1899. *La vegetación de México; recopilación y análisis de las principales clasificaciones propuestas.* Oficina de la Secretaría de Fomento Turístico. México.
1899	A. Heilprin	Registro de flora y vegetación. Destaca los pinares.	Popocatépetl e Iztaccíhuatl.	Heilprin, A. 1899. Regiones templadas y alpinas de los grandes volcanes de México. *Naturaleza* II 3:233-243.
1898	J.W. Harshberger	Proporciona itinerarios, describe la topografía de los lugares visitados, catálogo de las especies colectadas, con localidades y nombres comunes.	Valle de México.	Harshberger, J.W. Botanical observation on the mexican flora specially on the flora of the valley of Mexico. *Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 50:372-413.
1902	J. Ramírez	Describe los factores físicos que afectan la vegetación.	Valle de México.	Ramírez, J. 1902. Introducción para una flora del valle de México. *Naturaleza* II 3: 696-706.
1904	J. Ramírez	Incluye varios artículos de interés botánico y flora.	Valle de México.	Ramírez, J. 1904. *Estudios de historia natural.* Secretaría de Fomento. México.
1908	C.A. Purpus	Proporciona una descripción detallada de plantas del límite de la vegetación arbórea.		Purpus, C.A. 1907. *Mexickanische hochgipfel (vegetationsbilder)* 5(8):46-51.
1910	A. Speart-Hitchcock	Exploración botánica.	Xochimilco y los alrededores de la ciudad.	
1912	M. Santa María	Historia, geografía, clima y geología del área con descripciones de las plantas cultivadas.	Las chinampas de la ciudad.	Santa María, M. 1912. Las chinampas del D.F. *Boletín de la Sociedad Agrícola Mexicana* 36:349-351.

Cuadro 1. Continuación.

Año	Autores	Novedades	Sitios de colecta	Publicación
1913	J.R. Alcaraz y J.M Flores y de la Peña	Conformaron una lista de nombres científicos de plantas.	Iztaccíhuatl y Popocatépetl.	Alcaraz, J.R. y J.M. Flores y de la Peña. 1913. Información sobre la exploración de la serranía de Iztaccíhuatl y Popocatépetl. *Memorias de la Secretaría de Fomento Mexicano* 542-546.
1914	C. Reiche	Describe la vegetación de los alrededores de la Ciudad de México. Realiza una reseña geográfica y climatológica.	Alrededores de la capital: Desierto de los Leones, cañada de Contreras, serranía del Ajusco, Cuajimalpa, cerro de la Estrella (Iztapalapa), cerro de Santa Catarina, sierra de Guadalupe, Pedregal de San Ángel, parte del valle de Texcoco y otras zonas.	Reiche, C. 1914. *La vegetación en los alrededores de la capital de México*. México.
1918-1919	J.M. Noriega	Estudio de algunas plantas de importancia económica, destacando las orquídeas.	Valle de México.	
1918	R. Ramírez	Destaca las familias y las especies más importantes.	Lago de Texcoco	Ramírez, R. 1918. Botánica agrícola. *Revista Agricultura* 2:11-13.
1922	A. Tornel Olvera y A. Nava-Manzo	Incluye referencias breves de los árboles con nombres técnicos y mapa e ilustraciones.	Desierto de los Leones.	Tornel O., A. y A. Nava M. 1940. *Desierto de los Leones México*. Impresiones Anguiano. México.
1925	G. Gándara	Tornel Olvera y A. Nava-Manzo	Valle de México.	Gándara, G. 1925. Otro modo de estimar la flora del valle de México. *México Forestal* 3(11-12):157-162.
1926	G. Gándara	Estudio florístico general que destaca posibles desapariciones.	Cerro del Tepeyac.	Gándara, G. 1926. Flora vernácula del Cerrito del Tepeyac (Guadalupe Hidalgo, D. F. *Memorias de la Sociedad Científica Antonio Alzate* 45:105-114.
1926	C. Reiche	Incluye claves y descripciones de familias para fanerógamas.	Valle de México.	Reiche, C. 1926. *Flora excursoria en el Valle Central de México*. Talleres Gráficos de la Nación. México, D.F.
1926	T.A. Sprague	Estudio florístico.	Diferentes estados del país incluyendo el Valle de México.	Sprague, T.A. 1926. Sessé and Mociño´s Plantae Novae Hispaniae and Flora Mexicana. *Bulletin of Miscelaneous Information, Royal Botanical Gardens Kew*: 417-425.
1933	M.Á. De Quevedo	Presenta un resumen de las condiciones de la vegetación en reservas forestales y diferentes áreas en el valle de México.	Valle de México.	De Quevedo, M.Á. 1933. Informe sobre parques nacionales. *México Forestal* 11:1-6.
1935	M.Á. De Quevedo	Destaca los esfuerzos para conservación del bosque. Contiene ilustraciones.	Bosque de Chapultepec.	De Quevedo, M.Á. 1935. Propósitos del Departamento Forestal para conservación. *México Forestal* 13:6-9.
1935	R. Dávila-León	Proporciona una lista de las plantas de la localidad.	Desierto de los Leones.	Dávila León, R. 1935. Al cerro de San Miguel plantas del Desierto de los Leones con lista de plantas. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística* 45:1-32.

Cuadro 1. Continuación.

Año	Autores	Novedades	Sitios de colecta	Publicación
1938	F. Herrera y H. Villarreal	Proporciona una lista de nombres científicos por localidades y las enlista por familias.	Valle de México.	Herrera, F. y H. Villarreal. 1938. Catálogo de plantas espermatofitas, acuáticas y palustres. *Agricultura* 1(7): 24-28
1938	M. Sorre	Sobre árboles, nombres técnicos y vulgares.	Montañas del Ajusco.	Sorre, M. 1938. Parque Nacional Cumbres del Ajusco. *México Forestal* 16:31-35
1938	A.H. Sosa	Destaca nombres comunes y científicos de los árboles con ilustraciones.	Montañas del Ajusco.	Sosa, A.H. Parque Nacional Cumbres del Ajusco. *México Forestal* 16:31-35.
1939	D. Ramírez-Cantú	Describe la flora acuática.	Valle de México.	Ramírez-Cantú, D. 1939. Contribuciones al conocimiento de la flora acuática del Valle de México. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM 10:33-64.
1939	M.A. Batalla y D. Ramírez-Cantú	Estudio florístico.	Valle de México.	Batalla, M.A. y D. Ramírez-Cantú. 1939. Contribuciones al conocimiento florístico del valle de México. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM 10:227-267.
1940	A.H. Sosa	Relata la historia del área y hace referencia a especies de interés forestal.	Parque Nacional Desierto de los Leones.	Sosa, A.H. 1940. Parque Nacional Desierto de los Leones. *México Forestal* 18:25-31.
1940	M. Sorre	Realiza una lista de especies forestales importantes.	Parque Nacional Desierto de los Leones.	Sorré, M. Parque Nacional Desierto de los Leones. *México Forestal* 18:25-31.
1944	M.A. Batalla de Rodríguez	Estudio florístico de las gramíneas.	Valle de México.	Batalla de Rodríguez, M.A. 1944*a*. Contribución al estudio de las gramíneas del Valle de México. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM 15:17-25.
1944	M.A. Batalla de Rodríguez	Elaboró una guía de las plantas comunes del Bosque de Chapultepec. Estudio florísticos.	Plantas del jardín botánico de Chapultepec.	Batalla de Rodríguez, M.A. 1944*b*. Guía para conocer las plantas más comunes del Bosque de Chapultepec. *Folleto de divulgación científica*. Instituto de Biología, UNAM, No. 39.
1945	M.A. Batalla de Rodríguez	Estudio etnobotánico.	Lago de Texcoco.	Batalla de Rodríguez, M.A. 1945. *Observaciones florísticas etnobotánicas en el Lago de Texcoco y sus alrededores*. Tesis de la Facultad de Ciencias, UNAM. México.
1948	M. Martínez	Estudio florístico ilustrado.	Lago de Texcoco.	Martínez, M. 1848. Las coníferas silvestres del valle de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 7:1-20.
1951	E. Matuda	Estudio florístico.	Lago de Texcoco.	Matuda, E. 1951. Las labiadas del valle central de México. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM 22:82-140.
1951	M. Sorre	Destaca el grado de conservación de la vegetación forestal.	Parque Nacional Iztaccíhuatl-Popocatépetl.	Sorre, M. 1951. *Parque Nacional Iztaccihuatl-Popocatépetl*. México.
1952	E. Freyermuth-Jiménez	Contribución al conocimiento de la flora fanerogámica.	Desierto de los Leones.	Freyermuth-Jiménez, E. 1952. *Contribución al conocimiento de la flora fanerogámica del Desierto de los Leones*. Tesis Facultad de Ciencias, UNAM. México.
1952	M. Sorre			Sorre, M. 1952. *Bosque Nacional Desierto de los Leones*. Instituto Panamericano de Geografía e Historia. México

Cuadro 1. Continuación.

Año	Autores	Novedades	Sitios de colecta	Publicación
1954	J. Rzedowski	Trabajo más completo sobre la vegetación y la flora, describe la vegetación y parte de la flora. Contiene ilustraciones y mapas.	Pedregal de San Ángel.	Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel D.F. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas México* 8(1-2):59-129.
1955	E. Matuda	Incluye algunas especies.	Para el valle de México.	Matuda, E. 1955. *Las Dioscoreas del estado de México, Toluca*. Gobierno del Estado de México. Comisión Botánica Exploradora.
1956	E. Matuda	Florística de helechos.	Valle de México y alrededores.	Matuda, E. 1956*a*. Los helechos del Valle de México y alrededores. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM, tomo XXVII.
1956	E. Matuda	Incluye algunas especies para el valle de México.	Valle de México.	Matuda, E. 1956*b*. *Las Comelinaceas del Estado del Estado de México*. Dirección de Recursos Naturales del Gobierno del Estado de México. Toluca. México.
1957	E. Matuda	Contiene una clave para géneros y especies, descripciones y distribución.	Valle de México.	Matuda, E. 1957*a*. Las umbeliferas del valle de México y sus alrededores. *Anales del Instituto de Biología* UNAM. 28:85-141.
1957	E. Matuda	Incluye algunos géneros y especies de labiadas. Con ilustraciones.	Valle de México.	Matuda, E. 1957*b*. Las labiadas del Estado del Estado de México. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM 22:82-140.
1957	J. Rzedowski	Describe la vegetación halófila y parte de su flora.	Lago de Texcoco.	Rzedowski, J. 1957. Algunas asociaciones vegetales de los terrenos del lago de Texcoco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 21:19-33.
1958	E. Matuda	Incluye algunas especies, con claves y descripciones para ocho géneros y 57 especies. Contiene ilustraciones.	Para el Valle de México y sus alrededores.	Matuda 1958*a*. Las ciperáceas del valle de México y sus alrededores. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM 29:107-163.
1958	E. Matuda	Con claves, descripciones y hábitat de 34 especies.	Valle de México y sus alrededores.	Matuda, E. 1958*b*. El género *Stevia* en el Valle de México y sus alrededores *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 23:55-83.
1958	M. Martínez	Descripción de 1 331 plantas medicinales con sinonimia vulgar y científica.	Estado de México, Toluca.	Martínez, M. 1958. *Flora medicinal del Estado de México*. Gobierno del Estado de México,Toluca.
1958	O. Sánchez-Sánchez	Destaca el ambiente y las especies de plantas más importantes.	Desierto de los Leones, cañada de Contreras, lago de Xochimilco, sierra de Guadalupe, entre otros.	
1959	E. Matuda	Contiene una clave para especies, descripciones y distribución.	Valle de México y sus alrededores.	Matuda, E. 1959. Las juncáceas del valle de México y sus alrededores. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM 30(1-2):85-99.
1960	E. Matuda	Contiene claves para géneros y especies, descripción y nombres comunes.	Valle de México y sus alrededores.	Matuda, E. 1960. Las amarilidaceas y liliaceas del valle de Méxio y sus alrededores. *nales del Instituto de Biología*, UNAM 31:53-118.
1961	E. Matuda	Contiene claves para géneros y especies, descripción y nombres comunes.	Valle de México y sus alrededores.	Matuda, E. 1961a.Iridaceas del valle de México y sus alrededores. *nales del Instituto de Biología*, UNAM 32(1-2):157-175.

Cuadro 1. Continuación.

Año	Autores	Novedades	Sitios de colecta	Publicación
1964	J. Rzedowski *et al.*	Describen las comunidades vegetales y parte de su flora.	Mitad septentrional del valle de México.	Rzedowski, J., G. Guzmán A., A. Hernández-Corzo y R. Muñiz. 1964. Cartografía de los principales tipos de vegetación de la mitad septentrional del Valle de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas de México* 13:31-5.
1969	Ó. Sánchez	Estudio florístico Ilustrado, con dibujos del autor.	Mitad septentrional del valle de México.	Sánchez, O. 1969. *La flora del valle de México*. Editorial Herrero. México.
1970	D.M. Villegas	Estudio florístico y de ecología.	Parte meridional de la cuenca de México.	Villegas, D.M. 1970. Estudio florístico y ecológico de las plantas arvenses de la parte meridional de la Cuenca de México. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas de México* 18:17-89.
1975	J. Rzedowski	Estudio florístico y de vegetación.	Valle de México.	Rzedowski, J. 1975. Flora y vegetación en la cuenca del Valle de México. Pp. 79-134. En: *Memorias de las obras del sistema de drenaje profundo*. Departamento del Distrito Federal México, tomo I.
1979	D.M. Villegas	Estudio de malezas.	Valle de México.	Villegas, D.M. 1979. *Malezas de la cuenca de México. Especies arvenses*. Instituto de Ecología. México.
1986	J. Rzedowski	Estudio florístico.	Valle de México.	Rzedowski, J. 1986. Las plantas calcicolas incluyendo (una gypsofita) del Valle de México. *Biotrópica* 18:12-15.
1987	M. Castilla-Hernández y D. Tejero-Diez	Estudio florístico y de vegetación.	Cerro Gordo (San Juan Teotihuacán) y regiones aledañas, valle de México.	Castilla-Hernández, M. 1987. Flora y vegetación del cerro Gordo (San Juan Teotihuacán) y regiones aledañas, Valle de México, México. *Biótica* 12:231-255.
1989	J. Rzedowski y G. Calderón de Rzedowski	Estudio de flora fanerogámica.	Valle de México.	Rzedowski, J. y G. Calderón de Rzedowski. 1989. Sinopsis numérica de la flora fanerogámica del valle de México. *Acta Botánica Mexicana* 8:15-30.
1991	S. Romero-Rangel y C. Rojas-Zenteno	Estudio florístico.	Región de Huehuetoca, Estado de México.	Romero-Rangel, S. y C. Rojas-Zenteno. 1991. Estudio florístico de la región de Huehuetoca, Estado de México. *Acta Botánica Mexicana* 14:33-57.
1993	Y. Reyes	Estudio de la vegetación.	Volcán Ajusco.	Reyes, Y. 1993. *La vegetación del volcán Ajusco. México*. Tesis de la Facultad de Ciencias UNAM.
1997	F.J. Espinoza G. y J. Sarukhán	Claves, descripciones e ilustraciones de las malezas.	Valle de México.	Espinoza G, F.J. y J. Sarukhán. 1997. *Manual* de malezas *del valle de México*. UNAM/FCE. México-
2001	G. Calderón de Rzedowski, *et al.*	Estudio de flora fanerogámica.	Valle de México.	En: Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowksi, *et. al.* 2005. *Flora faneorgámica del Valle de México*. INECOL/CONABIO, Pátzcuaro.

Fuente: elaboración propia con base en fuentes consultadas.

Hongos macroscópicos (Fungi)

Sigfrido Sierra Galván
Sandra Castro Santiuste
Laura Izquierdo San Agustín
Ibeth Rodríguez Gutiérrez
Lilia Pérez Ramírez
Areli González Mendoza
Joaquín Cifuentes Blanco

Descripción

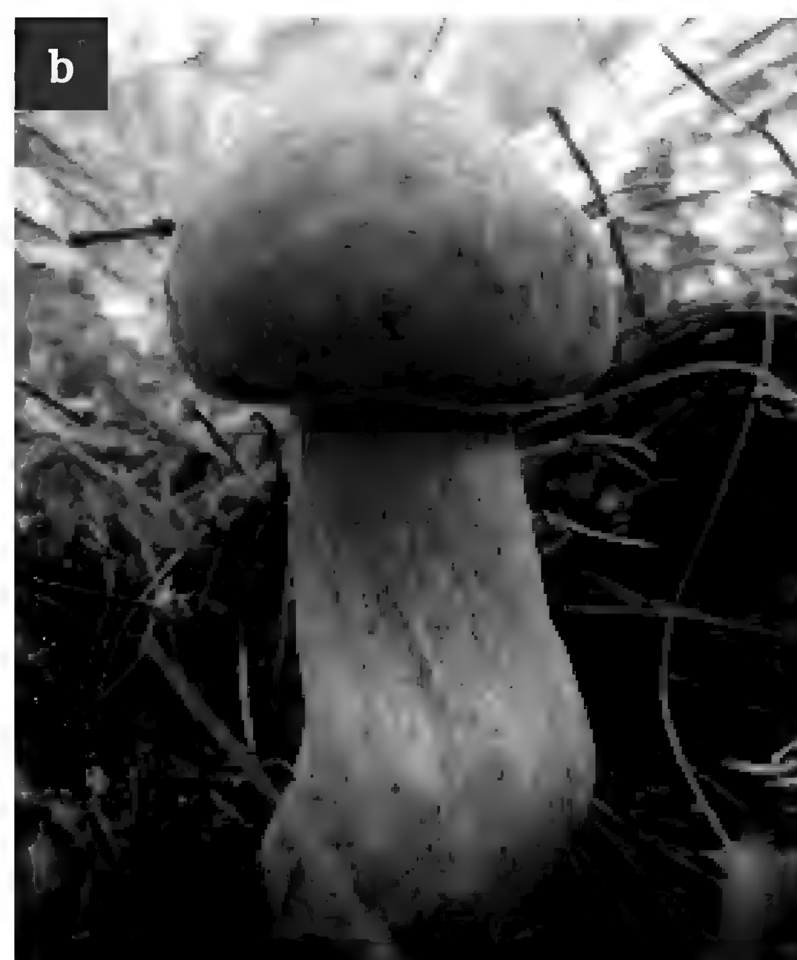
La micología (del griego *mykes*, hongo, y logos, descripción) es la ciencia que se encarga del estudio de los hongos. El término *hongos*, que proviene del latín *fungus* o *fungi* (pl.), comprende a las setas (hongos con pie y sombrero) y a los llamados mohos (hongos filamentosos), entre otros más (Alexopoulos *et al.* 1996). Estos términos, a su vez, derivan del griego *spongos*, *spungos* (esponja), debido a la apariencia de algunos hongos macroscópicos, como los boletáceos (figura 1*a* y 1*b*), conocidos como semitas o mazayel y los morqueláceos (figura 2), conocidos como elotitos, mazorquitas o chiles secos, según algunas etnias del centro del país.

El estudio sistemático de los hongos tiene aproximadamente 300 años de antigüedad, a partir de la invención del microscopio en el siglo XVII. Sin embargo, desde tiempos mucho más remotos, las distintas culturas ya conocían sus efectos y propiedades, tanto alimentarias (figuras 1, 2, 3, 4, 6 y 8) como tóxicas (figura 7; Guzmán 1990). En el antiguo Egipto se consideraba a la fermentación (que se lleva a cabo por las levaduras, las cuales son hongos microscópicos) como un regalo del dios Osiris para la humanidad (Alexopoulos *et al.* 1996). Griegos y romanos también consideraban al vino (también producido por la fermentación de las levaduras) y a algunos hongos macroscópicos como son el *Cantharellus cibarius* y la *Amanita caesarea* como un regalo de los dioses (figuras 3 y 8; Alexopoulos *et al.* 1996). Dioscórides, médico griego del siglo I, propuso una separación entre hongos “buenos para comer” (comestibles) o “del todo mortíferos” (tóxicos o venenosos).

Se tienen datos de que las culturas prehispánicas de la zona de Mesoamérica apreciaban y conocían mucho sobre la naturaleza de los hongos y sus efectos (Guzmán 1990). En México, los hongos alucinógenos tienen una fuerte influencia en las costumbres y creencias de diferentes grupos indígenas, ya que desde tiempos prehispánicos se utilizan con fines ceremoniales. Fray Bernardino de Sahagún, cronista del siglo XVI, menciona en su Códice Florentino que los hongos son capaces de provocar alucinaciones, los cuales recibían, entre diversas denominaciones, el nombre indígena general de teonanácatl (carne de los dioses), por ser considerados hongos sagrados, pero que los españoles catalogaron como hongos malos u hongos demoniacos que emborrachaban, según testimonios de otros escritores del mismo siglo, como Motolinia y Francisco Hernández. Estos hongos alucinógenos fueron satanizados y, por lo tanto, el conocimiento de ellos permaneció oculto, tanto por los europeos como por los mexicanos no indígenas. Fue así hasta la mitad del siglo XX, cuando se redescubrieron por investigadores extranjeros (Sierra y Castro-Santiuste en prensa). En la cultura mexica, el pulque, bebida fermentada por microorganismos (entre ellos

Sierra, S., S. Castro-Santiuste, L. Izquierdo-San Agustín, I. Rodríguez-Gutiérrez, L. Pérez-Ramírez, A.E. González-Mendoza y J. Cifuentes. 2016. Hongos macroscópicos (Fungi). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.67-78.





Figuras 1*a* y 2*b*. *Boletus*, gpo. *edulis*. Foto: Sigfrido Sierra.

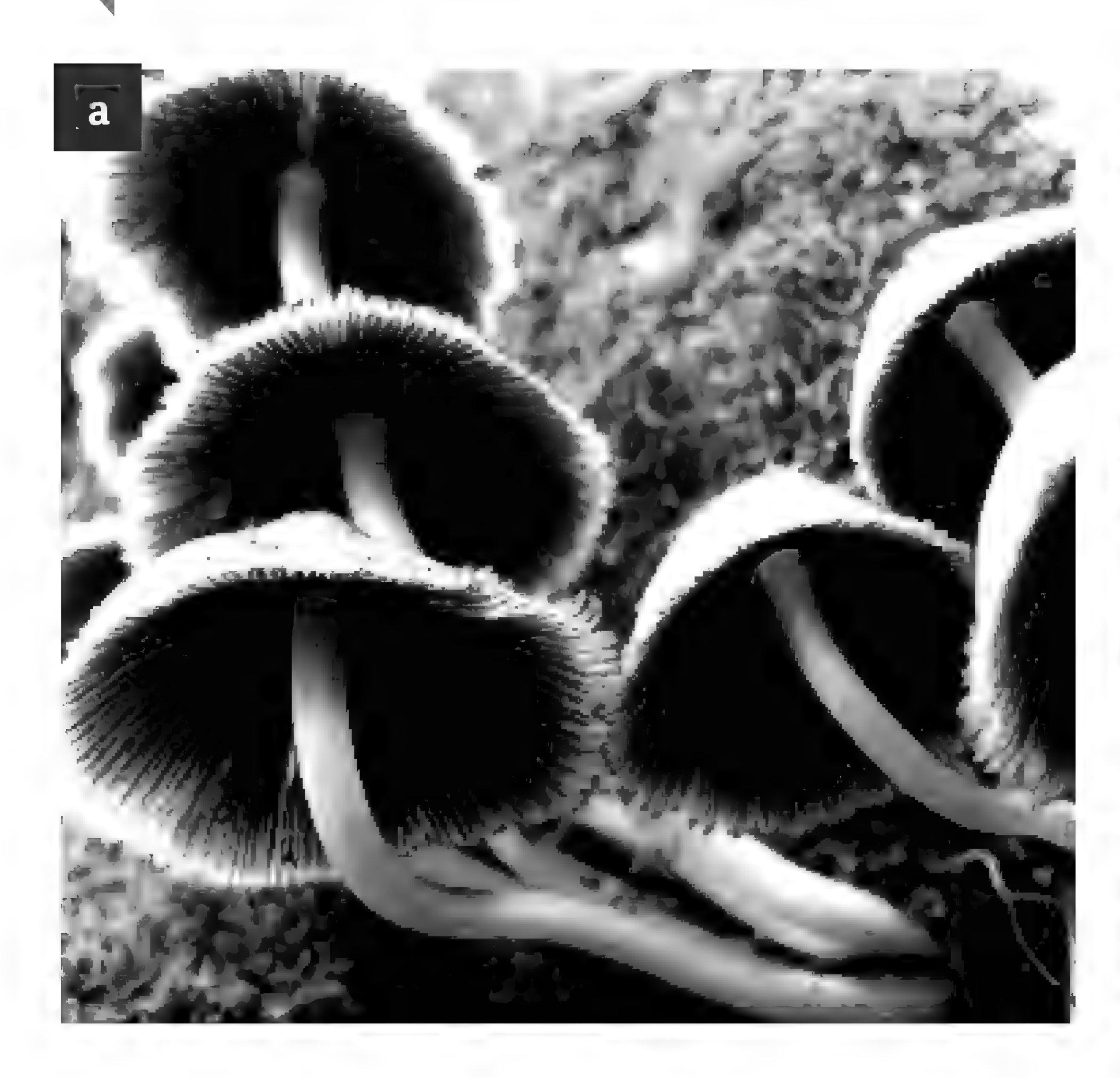


Figura 2. *Morchella esculenta*. Foto: Sigfrido Sierra.



Figura 3. *Cantharellus* gpo. *cibarius*.
Foto: Sandra Castro-Santiuste.

Figura 4. *Lyophyllum* gpo. *decastes*. Foto: Sandra Castro-Santiuste.





Figuras 5*a* y 5*b*. *Parasola plicatilis*. Fotos: Sandra Castro-Santiuste.





Figura 6. *Gymnopus dryophilus*. Foto: Sigfrido Sierra.



Figura 7. *Amanita muscaria*. Foto: Sigfrido Sierra.

Figura 8. *Amanita* gpo. *caesarea*. Foto: Areli González-Mendoza.

las levaduras), se ofrecía a los dioses en actos ceremoniales y tenía un consumo ritual para los tlatoque (máximos dirigentes mexicas), sacerdotes, ancianos y, en general, para todos los habitantes de la gran Tenochtitlan (Godoy *et al.* 2003).

En la presente contribución se llevó a cabo una revisión bibliográfica en revistas científicas especializadas y en otras contribuciones, en donde se aborda el tema de los hongos macroscópicos presentes en la Ciudad de México. Como resultado se generó un listado con 348 registros (incluyendo sinonimias), los cuales después de la revisión de la nomenclatura resultan en un total de 264 especies de hongos macromicetos registrados en la entidad (apéndice 8).

Diversidad

A pesar del conocimiento que poseían los antiguos pobladores del planeta sobre los hongos, no fue sino hasta el siglo xx, ya con una base sistemática de su estudio, que se iniciaron los primeros acercamientos para evaluar el número total de especies fúngicas en el mundo. Sin embargo, debido a que la mayoría de los hongos no han sido descritos taxonómicamente, sobre todo en las regiones tropicales, los cálculos del número total de especies fúngicas son extrapolaciones basadas en la razón aritmética entre el número de especies de plantas y las especies de hongos de cada región (Hawksworth 1991). Se ha utilizado una relación de cinco a siete especies de hongos por cada planta para llegar a las estimaciones más altas de la diversidad mundial de hongos. Esta relación se basa en estudios realizados en las Islas Británicas, pues se trata de un área de clima templado que fue muestreada por completo (Hawksworth 1991, 1997; Hawksworth *et al.* 1995). Sin embargo, la proporción de hongos y plantas resulta considerablemente diferente en los trópicos, asimismo, el grado de endemismo, es decir, de un organismo propio y exclusivo de determinadas localidades o regiones, aumenta significativamente el número de especies de cada región. Por lo tanto, para estas regiones, las estimaciones pueden llegar a elevarse sustancialmente (Arnold *et al.* 2000, Mueller y Schmit 2007).

Cifuentes y colaboradores (1993) y Guzmán (1998) estimaron que en México el número de especies debe estar en un rango de 120 mil a 140 mil, con apenas 6 mil especies estudiadas, es decir entre 4.2 y 5%. Esto se debe, por un lado, a que en México son pocas las instituciones que realizan estudios sistemáticos de hongos, las cuales además concentran a muy pocos especialistas y, por otra parte, hay pocas zonas completamente exploradas desde el punto de vista micológico, por lo que los hongos de muchas regiones, especialmente de los trópicos y de la Sierra Madre Occidental, están pobremente estudiados. Además, estas regiones sufren deforestación continua, lo que causa la destrucción de una buena proporción de los hongos (Guzmán 1998).

Importancia

En las décadas de los treinta y cuarenta del siglo pasado, se empezaron a realizar contribuciones por botánicos nacionales en nuestro país. Entre ellas están las de Gándara, de 1929 a 1931, y las de Nieto-Roaro, en 1934, quienes estudiaron algunos hongos comestibles (Guzmán 1990). Por otra parte, Blasius P. Reko, médico alemán radicado en México y aficionado a la etnobotánica, estudió aspectos etnomicológicos en Oaxaca. Sus trabajos sirvieron de base importante para que Richard E. Schultes explorara el estado de Oaxaca en colaboración con él y descubriera el uso de los hongos sagrados (Guzmán 1990). Estos hongos, conocidos como alucinógenos o enteógenos, fueron redescubiertos por la ciencia apenas a mediados de la década de los cincuenta, a través de las investigaciones sobre María Sabina y los llamados teonanácatl que realizaron los esposos Wasson, basándose en parte en el trabajo de Schultes. Estos hongos, considerados sagrados

por los indígenas, pertenecen principalmente al género *Psilocybe*, que comprende especies poco conspicuas. Es a partir de estos trabajos que comienza en el país la investigación sistemática de los hongos macroscópicos, encabezada por los doctores Teófilo Herrera y Gastón Guzmán, así como también fue de gran importancia la creación de la Sociedad Mexicana de Micología en 1968, acompañada por la publicación de un boletín informativo, ahora *Revista Mexicana de Micología* (Guzmán 1990).

Sin embargo, el conocimiento que se tiene actualmente de los hongos en la Ciudad de México es aún insuficiente, a pesar de ser la entidad más pequeña del país y de encontrarse cerca de algunos de los principales centros de investigación, como la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), el Instituto Politécnico Nacional (IPN) y la Universidad Autónoma Metropolitana (UAM).

La Ciudad de México cuenta con una superficie total de 1 485 km^2 y se divide para fines administrativos en suelo urbano (SU) y suelo de conservación (SC). El SC abarca 59% de su superficie. Sin embargo, actualmente los porcentajes de SC han sido severamente mermados por los asentamientos humanos (CORENA 2011), lo que trae como consecuencia que las poblaciones fúngicas se puedan encontrar seriamente afectadas.

En la entidad, los hongos macroscópicos han sido los más estudiados, principalmente debido a que las estructuras formadoras de esporas (o esporomas) son más conspicuas, llamativas y fáciles de observar, encontrándose hasta el momento un número total de 264 registros para la capital del país (apéndice 8). Las zonas más exploradas han sido: el Desierto de los Leones, en las delegaciones Cuajimalpa y Álvaro Obregón, parte del Parque Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla (La Marquesa, delegación Cuajimalpa), la zona de los dinamos en la delegación Magdalena Contreras, la zona del Pedregal de San Ángel en la delegación Coyoacán y el Ajusco, en la delegación Tlalpan, perteneciendo todas estas zonas, principalmente, a la región Bosques y

Cuadro 1. Total de hongos macroscópicos registrados en las delegaciones de la Ciudad de México.

Delegación	Número de especies
Azapotzalco	3
Álvaro Obregón	125
Coyoacán	73
Cuajimalpa	126
Gustavo A. Madero	9
Iztapalapa	5
La Magdalena Contreras	115
Miguel Hidalgo	12
Milpa Alta	1
Tlalpan	73
Xochimilco	11
Localidad no descrita	3

Fuente: Elaboración propia con información de : Aroche *et al.* 1984; Gispert *et al.* 1984; Gutiérrez-Ruiz y Cifuentes 1990; Guzmán y Herrera 1969; Herrera y Guzmán 1961; Herrera *et al.* 2006; Pérez-Silva *et al.* 1970; Pérez-Silva y Herrera 1982; Pérez-Silva y Aguirre-Acosta 1986; Pérez-Silva 1989; Pérez-Silva y Herrera 1992; Reygadas *et al.* 1995; Sierra y Cifuentes 2005; Tovar y Valenzuela 2006; Trappe y Guzmán 1971; Valenzuela *et al.* 2004; Valenzuela-Gasca *et al.* 2004; Villarruel-Ordaz y Cifuentes, 2007; Vite-Garín *et al.* 2006; Zamora- Martínez y Nieto de Pascual-Pola 1995.

Cañadas, propuesta por Reygadas-Prado (en este estudio; cuadro 1).

La parte norte de la ciudad aún no ha sido explorada (región de la Sierra de Guadalupe) y en general las delegaciones del sureste (Xochimilco, Iztapalapa, Tláhuac y Milpa Alta, pertenecientes a las regiones de Humedales de Xochimilco y Tláhuac, Serranías de Xochimilco y Milpa Alta y Sierra de Santa Catarina, propuestas por Reygadas-Prado, en este estudio), así como tampoco las zonas de Bosques y Cañadas del poniente, los Parques Urbanos y los Jardines de la Ciudad (pertenecientes a la región de Parques y Jardines Urbanos, propuesta por Reygadas-Prado, en este estudio). En el apéndice 8 se presenta un listado de las especies de macromicetos citadas en diferentes trabajos publicados.

Con el fin de tener un inventario más completo de la entidad, actualmente se están llevando a cabo diferentes proyectos por parte de los autores, en algunas áreas naturales, como son las zonas montañosas de las delegaciones Magdalena Contreras, Milpa Alta, Tlalpan y Xochimilco, así como particularmente en el Bosque de Tlalpan. En estas zonas se han localizado especies de diferentes géneros, entre las que tenemos *Psathyrella* (figura 9), *Parasola* (figura 5), *Leratiomyces* (figura 10), *Geastrum* (figura 11), *Helvella* (figura 12), *Sowerbyella* (figura 13) y *Gymnopus* (figura 6) entre otros. Existe otro proyecto en la Sierra de Guadalupe que está aún en fase inicial por parte de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas del IPN. Con respecto a la sierra de Santa Catarina, la vegetación nativa es escasa o ha sufrido de perturbación, encontrando sólo los pirules (*Schinus areira*), eucaliptos (*Eucalyptus* spp.) y casuarinas (*Casuarina equisetifolia*), todas ellas especies exóticas que se han empleado en la reforestación. Por tal motivo, se cree que los macromicetos nativos de la zona son escasos (solamente especies saprótrofas, es decir, organismos que se alimentan de materia orgánica muerta) o bien, son especies introducidas.



Figura 9. *Psathyrella candolleana* (nuevo registro para la Ciudad de México). Foto: Sigfrido Sierra.



Figura 10. *Leratiomyces ceres*. Foto: Sigfrido Sierra.



Figura 11. *Geastrum fimbriatum*. Foto: Sigfrido Sierra.



Figura 12. *Helvella lacunosa*. Foto: Laura Izquierdo-San Agustín.

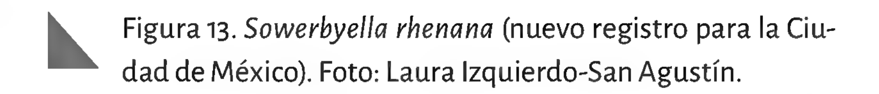


Figura 13. *Sowerbyella rhenana* (nuevo registro para la Ciudad de México). Foto: Laura Izquierdo-San Agustín.

Conclusión y recomendaciones

Los macromicetos son considerados un recurso forestal no maderable (RFNM), por lo que su importancia es elevada dentro de las comunidades humanas cercanas a los bosques donde se desarrollan sus esporomas, ya sea para autoconsumo o para su comercialización (Pérez-Moreno *et al.* 2008). Actualmente los hongos mexicanos que se exportan son los conocidos comúnmente como morillas (*Morchella esculenta*; figura 2), pancitas (*Boletus* gpo. *edulis*; figura 1), duraznillos (*Cantharellus* gpo. *cibarius*; figura 3) y el hongo blanco (*Tricholoma magnivelare*), todos ellos bajo protección en la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010).

Es importante señalar que es necesario realizar una nueva revisión detallada de los materiales citados en el apéndice 8, para corroborar las determinaciones principalmente en las publicaciones de la década de los ochenta hacia atrás, ya que la nomenclatura en los hongos ha cambiado mucho en las últimas décadas.

Por otro lado, Boa (2005) menciona que el número de especies saprótrofas cultivadas está creciendo constantemente y es necesaria la generación de información y consejos prácticos para cada una de las especies que se planee desarrollar su cultivo. Asimismo, el autor también reporta que, a nivel mundial, la cantidad anual de hongos silvestres comestibles recolectados es de varios miles de toneladas, que resultan en una derrama económica de cerca de los 2 mil millones de dólares. México es un país potencialmente apto para poder desarrollar técnicas que permitan llevar a cabo el cultivo de especies de hongos comestibles nativas del país.

Debido a lo anterior y para poder hacer recomendaciones y proponer acciones específicas para la protección del grupo de macromicetos, es primordial realizar un inventario taxonómico completo de cada una de las regiones, para así hacer planes de un manejo sostenible de la diversidad fúngica.

Referencias

Alexopoulos, C.J., C.W. Mims y M. Blackwell. 1996. *Introductory Micology*. 4a. ed. John Wiley & Sons, E.U.

Arnold, A.E., Z. Maynard, G.S. Gilbert, *et al.* 2000. Are tropical fungal endophytes hyperdiverse? *Ecology Letters* 3:267-274.

Aroche, R.M. , J. Cifuentes, F. Lorea, *et al.* 1984. Macromicetos tóxicos y comestibles de una región comunal del Valle de México I. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 19:291-318.

Boa, E. 2005. Los hongos silvestres comestibles: perspectiva global de su uso e importancia para la población. *Productos forestales no madereros* 17. Food and Agriculture Organization (FAO).

Cifuentes, J., M. Villegas y L. Pérez-Ramírez. 1993. Hongos macroscópicos. En: *Historia natural del parque ecológico estatal Omiltemi, Chilpancingo, Guerrero, México*. I. Luna Vega y J. Llorente Bousquets (eds.) CONABIO/UNAM, México.

CORENA. Comisión de Recursos Naturales. 2013. Áreas Naturales Protegidas del Distrito Federal. En: <*http://www.sma.df.gob.mx/corena/index.php?option=com_content&view=article&id=69&Itemid=85*>, última consulta 10 de marzo de 2014.

Dioscórides, P. 1555. Acerca de la materia medicinal y de los venenos mortíferos. En: <*http://books.google.com.mx/books?id=hGOrnSNIDykC&pg=PA430&dq=dioscorides+fungi&hl=es&ei=HmrNTqHYLaiMsAK3qNS5Dg&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=3&ved=0CDsQ6AEwAg#v=onepage&q&f=false*>, última consulta 10 de marzo de 2014.

Gispert, M., O. Nava y J. Cifuentes. 1984. Estudio comparativo del saber tradicional de los hongos en dos comunidades de la sierra del Ajusco. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 19:253-264.

Godoy, A., T. Herrera y M. Ulloa. 2003. *Más allá del pulque y el tepache. Bebidas alcohólicas no destiladas indígenas de México*. UNAM.

Gutiérrez-Ruiz, J. y J. Cifuentes. 1990. Contribución al conocimiento del género *Agaricus* en México. *Revista Mexicana de Micología* 6:155-177.

Guzmán, G. 1990. La micología en México. Una reseña histórica de sus tradiciones, inicios y avances. *Revista Mexicana de Micología* 6:11-26.

——. 1998. Inventorying the fungi in Mexico. *Biodiversity and Conservation* 7:369-384.

Guzmán, G. y T. Herrera. 1969. *Macromicetos de las zonas áridas de México, II. Gasteromicetos*. Anales del Instituto de Biología. Serie Botánica. UNAM 40:1-92.

Hawksworth, D.L. 1991. The fungal dimension of biodiversity: magnitude, significance and conservation. *Mycological Research* 95:641-655.

——. 1997. The critical role of fungi in the conservation of biodiversity. Pp.5-6. En: *VI Congreso Nacional de Micología (memorias). IX Jornadas Científicas*. UNACH- Sociedad Mexicana de Micología Tapachula, Chiapas.

Herrera, T. y G. Guzmán. 1961. Taxonomía y ecología de los principales hongos comestibles de diversos lugares de México. *Anales del Instituto de Biología de la Universidad Nacional Autónoma de México* 32:33-135.

Herrera, T., E. Pérez-Silva y V.H. Valenzuela-Gasca. 2006. Nueva contribución al conocimiento de los macromicetos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, D.F., México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77:51-57.

Lowy, B. 1971. *Flora Neotropica, Monograph No. 6. Tremellales*. Hafner. Nueva York.

Mueller, G.M. y J.P. Schmit. 2007. Fungal biodiversity: what do we know? What can we predict? *Biodiversity Conservation* 16:1-5.

Pérez-Moreno, J., M. Martínez-Reyes, A. Yescas-Pérez *et al.* 2008. Wild mushroom markets in central Mexico and a case study at Ozumba. *Economic Botany* 22:1-12.

Pérez-Silva, E., T. Herrera y G. Guzmán. 1970. Introducción al estudio de los macromicetos tóxicos. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 4:49-53.

Pérez-Silva, E. y T. Herrera. 1982. Nuevos registros para México de especies del género *Amanita*. *Boletín de la Sociedad Mexicana de Micología* 17:120-129.

Pérez-Silva, E. y E. Aguirre-Acosta. 1986. Macromicetos de zonas urbanas de México. I. Área Metropolitana. *Revista Mexicana de Micología* 2:187-195.

Pérez-Silva, E. 1989. La micobiota del Valle de México. Pp. 71-79. En: *Ecología Urbana*. Gio–Argaéz, R, Hernández, R. I. y E. Saínz–Hernández (eds.). Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACYT), Secretaria de Desarrollo Urbano (SEDUE), Secretaria de Educación Pública (SEP), Sociedad Mexicana de Historia Natural (SMHN), Universidad Autónoma Metropolitana (UAM). México.

Pérez-Silva, E. y T. Herrera. 1992. Un caso de aplicación de medicina tradicional en intoxicación por hongos de acción mortal del género *Amanita* en México. *Micología Neotropical Aplicada* 5:83-88.

Reygadas, F., M. Zamora-Martínez y J. Cifuentes. 1995. Conocimiento sobre los hongos silvestres comestibles en las comunidades de Ajusco y Topilejo, D.F. *Revista Mexicana de Micología* 11:85-108.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sierra, S. y J. Cifuentes. 2005. A new species of *Dacryopinax* from Mexico. *Mycotaxon* 92: 243-250.

Sierra, S. y S. Castro-Santiuste. En prensa. Diversidad fúngica en México. Pasado, presente y futuro. *Investigación ambiental. Ciencia y política pública*. INE-SEMARNAT.

Tovar, J.A. y R. Valenzuela. 2006. *Los Hongos del Desierto de los Leones*. En: Los Hongos del Parque Nacional Desierto de los Leones. Primer espacio de Conservación Biológica en México. J.A. Tovar y R. Valenzuela (eds.) Gobierno del Distrito Federal-Secretaría del Medio Ambiente-Parque Nacional Desierto de los Leones.

Trappe J. y Guzmán G. 1971. Notes on some hypogeous fungi from Mexico. *Mycologia* 63:317-345.

Valenzuela, R., T. Raymundo y M.R. Palacios. 2004. Macromicetos que crecen sobre *Abies* religiosa en el eje Neovolcánico Transversal. *Polibotánica* 18:33-51.

Valenzuela-Gasca, V., T. Herrera y E. Pérez-Silva. 2004. Contribución al conocimiento de los macromicetos de la "Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel", DF, México. *Revista Mexicana de Micología* 18:61-68.

Villarruel-Ordaz, J.L. y J. Cifuentes. 2007. Macromicetos de la cuenca del río Magdalena y zonas adyacentes, delegación La Magdalena Contreras, México, D.F. *Revista Mexicana de Micología* 25:59-68.

Vite-Garín, T., J.L. Villarruel-Ordaz y J. Cifuentes. 2006. Contribución al conocimiento del género *Helvella* (Ascomycota: Pezizales) en México: descripción de especies poco conocidas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 77:143-151.

Zamora-Martínez, M.C. y C. Nieto de Pascual-Pola. 1995. Natural production of wild edible mushrooms in the southwestern rural territory of Mexico City, Mexico. *Forest Ecology and Management* 72:1

Musgos (Bryophyta)

Claudio Delgadillo Moya

Introducción

La Ciudad de México ocupa parte de la cuenca del lago de Texcoco, en el centro-sur de la cuenca de México. Una parte importante de su superficie está ocupada por la que fuera capital del imperio azteca, fundada alrededor del año 1325. Aún antes de su fundación, desde hace unos 10 mil años, esa área había sido ocupada por poblaciones humanas. En la actualidad, con una población de más de 8 millones de habitantes, es el centro político y económico del país y parte de una urbe de mayor tamaño en la que habitan casi 20 millones de personas.

El clima y las características físicas del ambiente de lo que hoy constituye la ciudad se han modificado durante siglos de ocupación por diferentes poblaciones humanas. Sus actividades han alterado el paisaje y contribuido a la redistribución de las poblaciones de plantas y animales. La eliminación de los cuerpos de agua y la cubierta vegetal, la urbanización, el establecimiento de industrias, la operación de fábricas y el uso de vehículos automotores han deteriorado la calidad del aire y el suelo, afectando a los organismos de la región. Se han establecido algunas plantas indeseables denominadas malas hierbas, mientras que otras han desaparecido, al modificarse las condiciones que permitían su presencia. La presente contribución trata sobre el conocimiento de la diversidad actual de musgos de la entidad, con énfasis en su área urbana, analizando cómo persisten en un ambiente con un alto impacto humano.

Descripción

Los musgos son plantas pequeñas con un cuerpo formado por dos partes principales. La primera, el gametofito, está constituida por tallos con escasa diferenciación celular, un sistema de conducción simple y células corticales en una o varias capas por debajo de la epidermis del tallo. Los tallos se fijan al sustrato mediante los rizoides pluricelulares, pero obtienen sus nutrimentos de la atmósfera. Las hojas están formadas por una o pocas capas de células y tienen un nervio de células de pared gruesa en la línea media. La otra parte del cuerpo de los musgos es el esporofito, el cual se forma después de la fecundación. El esporofito consiste en un pie (que lo ancla al gametofito), la seta y la cápsula. La seta eleva la cápsula y favorece la diseminación de las esporas contenidas en la cápsula, aunque en algunas especies está ausente o es muy pequeña (figura 3) y el esporofito libera a las esporas por otros mecanismos. Además de la reproducción sexual, los musgos pueden formar nuevos gametofitos por mecanismos asexuales (figura 4).

Los musgos crecen en diversos sustratos. Además de troncos y ramas de los árboles, se les encuentra sobre humus, suelo o arena, rocas, bordeando arroyos y, a veces, sumergidos. Son importantes en la retención de agua de lluvia, evitan la erosión, son refugio de organismos pequeños, facilitan la germinación de especies arbóreas y participan en el ciclo del carbono, nitrógeno y fósforo (Glime 2007).

Delgadillo-Moya, C. 2016. Musgos (Bryophyta). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.80-86.



Figura 1. *Aloina hamulus*. Tallo con hojas en roseta, aislado. Foto: Claudio Delgadillo.



Figura 2. *Anacolia laevisphaera*. Tallo aislado. Foto: Claudio Delgadillo.

Diversidad y distribución

La referencia bibliográfica más importante para este estudio es la de Sharp y colaboradores (1994), en la cual se menciona la Ciudad de México como parte de la distribución de muchas especies. Cárdenas y Delgadillo (2009) colectaron y depositaron numerosas muestras de musgos en la Colección de Briofitas del Herbario Nacional (MEXU) y en su trabajo mencionaron la distribución en la ciudad. El trabajo de Crum (1951) también es importante, por la referencia a numerosos ejemplares de esta entidad y de otros estados del país. Sin embargo, su uso como antecedente es limitado ya que no se pueden verificar las determinaciones y los ejemplares están depositados en herbarios extranjeros.

Además de la revisión bibliográfica, se usaron datos de la Colección de Briofitas en MEXU para preparar la lista de las especies de musgos. Este acervo contiene ejemplares colectados desde principios del siglo XX y los obtenidos en el curso de diversas investigaciones durante los últimos 40 años. Con base en esta revisión, la flora de musgos de la capital comprende 248 especies y variedades (apéndice 9), cuya nomenclatura sigue la base de datos de LATMOSS (Delgadillo *et al.* 1995), la cual se revisa y actualiza continuamente.

Muchas especies de musgos crecen en elevaciones de 1 000 hasta más de 3 500 msnm, en sitios húmedos con baja insolación, propios de las zonas arboladas, como los bosques de pino (*Pinus*), encino (*Quercus*) u oyamel (*Abies*). En las montañas que rodean a la cuenca de México, muchas especies habitan en las zonas alpinas, en ambientes extremos, sobre suelo o rocas, a veces al abrigo de plantas vasculares pequeñas. *Aloinella catenula*, *Anacolia laevisphaera* (figura 2), *Bartramia* spp., *Bryum procerum*, *Grimmia* spp., *Herzogiella cylindricarpa*, *Mironia* spp. y otras, son ejemplos de musgos que han sido colectados frecuentemente en el Ajusco, Magdalena Contreras y el Desierto de los Leones o La Cima, situados en

las montañas periféricas de la ciudad. Sin embargo, muchas de estas especies extienden su distribución hasta el piso de la cuenca de México.

Otros musgos que muestran un perfil altitudinal similar, pero sin variaciones extremas incluyen a *Aloina hamulus* (figura 1), *Bryoerythrophyllum calcareum*, *Didymodon hampei*, y otras. Estas plantas crecen entre los 1 000 y 2 800 msnm en hábitats abiertos, con alta insolación, y a menudo en suelos de origen calcáreo. Debido a estas características, también pueden ser parte de la flora de la ciudad.

Musgos urbanos

Los musgos son plantas pioneras. En la Ciudad de México crecen sobre sustratos naturales, como las rocas en el Pedregal de San Ángel (Delgadillo y Cárdenas 2009) o la corteza de los árboles en las elevaciones mayores. También se les observa en sustratos artificiales del ambiente citadino, como en el adobe de las construcciones antiguas, las paredes, el cemento, el ladrillo y hasta las coladeras del drenaje, donde germinan o crecen a partir de esporas o fragmentos transportados por viento o por agua. Además, con frecuencia se observan en hábitats efímeros, como la tierra de macetas, alrededor de obras en construcción, en camellones o jardines y sobre suelo húmedo compactado.

Algunos musgos como *Bryum argenteum* y *Funaria hygrometrica* son especies ampliamente distribuidas que crecen en ambientes perturbados como claros de bosque, construcciones o áreas alteradas por fuego. Estas especies se han colectado en el área urbana de la Ciudad de México, mientras que muchos miembros de la familia *Pottiaceae* sólo son observados por periodos cortos en sitios perturbados.

En una evaluación preliminar, Delgadillo y Cárdenas (2000) presentaron una lista de 64 especies y variedades del área urbana de la Ciudad de México y mencionaron 23 especies

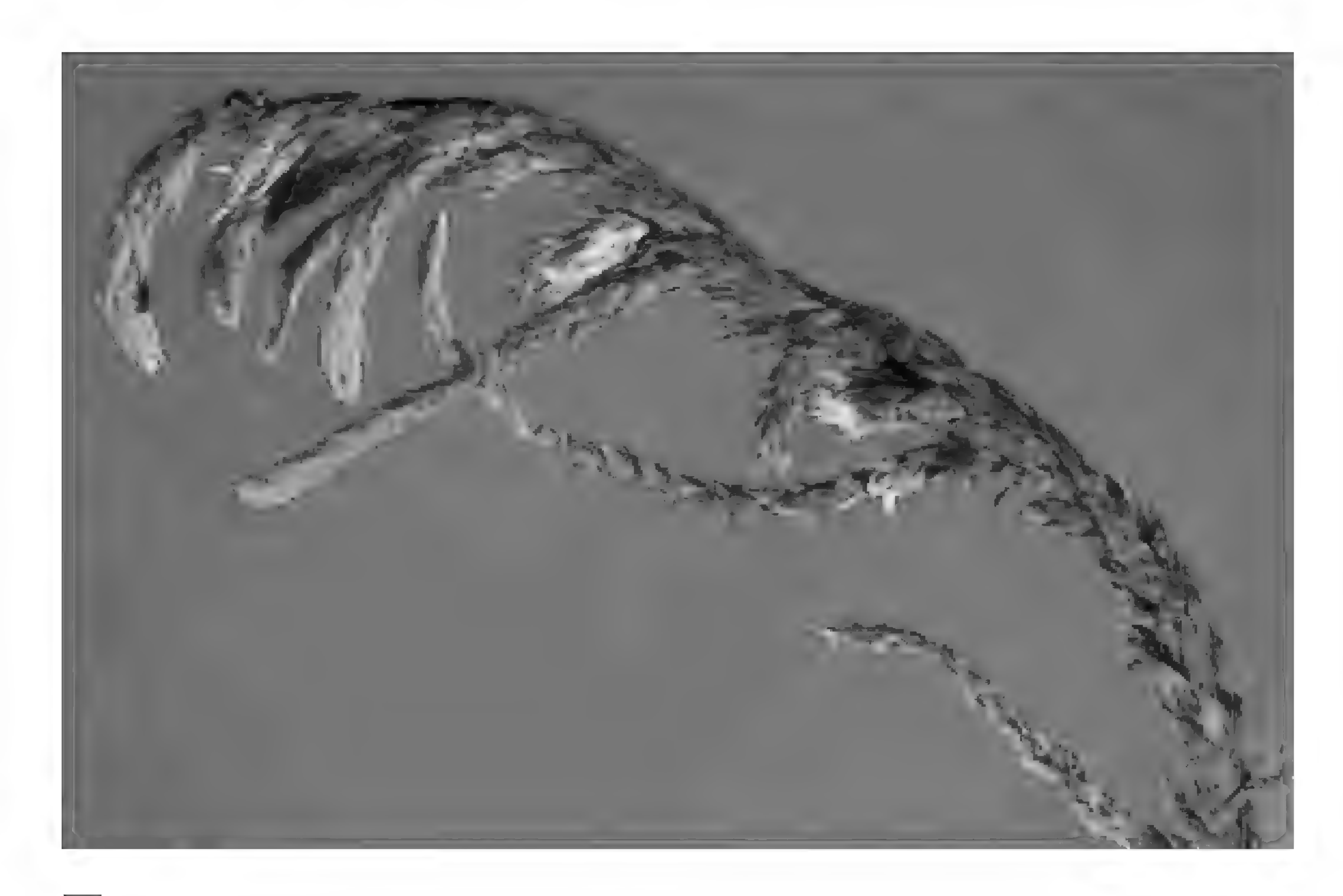


Figura 3. *Cryphaea patens*. Tallos con esporofitos sésiles. Foto: Claudio Delgadillo.



Figura 4. *Syntrichia amphidiacea*. Hojas con numerosas yemas. Foto: Claudio Delgadillo.

que aparentemente se colectaron a principios del siglo xx en sitios poco perturbados. En general, se podrían enumerar unas 95 especies y variedades para esa área, pero el listado incluye especies de pequeños enclaves, como el Pedregal de San Ángel, Bosque de Tlalpan, Contadero, Cuautzin, Santa Fe y Tlalpuente, que aún conservan o conservaban parte de la flora original. En el Pedregal de San Ángel se han colectado musgos como *Isodrepanium lentulum*, *Leucoloma serrulatum*, *Pilotrichella flexilis*, *Pilotrichum evanescens* y *Pireella guatemalensis*, que son ajenos a la flora nativa local, es decir, parecen ser introducidos de zonas tropicales o subtropicales. Por ello, solamente unas cuantas especies se podrían calificar como verdaderamente urbanas, porque crecen en sitios dentro la ciudad. Entre ellas, *Bryum argenteum*, *Didymodon* spp., *Fabronia ciliaris*, *Funaria hygrometrica*, *Lindbergia mexicana*, *Syntrichia fragilis* y *Syntrichia pagorum* están ampliamente representadas en la flora citadina, pero tienen una distribución más amplia en otras localidades.

Una ciudad con diversidad de musgos reducida

A pesar de la disponibilidad de sustratos artificiales, es improbable que el ambiente urbano de la Ciudad de México haya mantenido su diversidad de especies de musgos. Sin embargo, tampoco se puede demostrar, sin estudios de campo, la pérdida de especies en sus bosques.

No hay evidencias históricas de la diversidad y distribución de los musgos en el sur de la cuenca de México; por esa razón sólo se puede suponer que la flora actual es parecida a la de áreas similares poco perturbadas en el pasado inmediato. En este sentido, en México no se conocen fósiles o subfósiles de musgos, excepto por una planta de *Fissidens crispus* de unos 2 400 años recuperada en el lago de Salazar, en el municipio de Ocoyoacac, Estado de México (19° 12' 17" N y 99° 29' 55" O; Castañeda y Delgadillo 1998). Dicha especie está ampliamente distribuida en la república mexicana.

Los registros de los musgos locales conocidos sugieren que el efecto combinado de los cambios en el ambiente físico local y la expansión de las poblaciones humanas han modificado la distribución de poblaciones de musgos y podrían haber favorecido la desaparición o incorporación de algunas especies. Por ejemplo, hay ejemplares de herbario de musgos procedentes de Tlalpan de principios del siglo xx que no se han colectado nuevamente y que necesitan verificación *in situ* para determinar si todavía existen ahí.

Varios factores del ambiente urbano han incidido en la disminución del número de especies y en el estado de salud de los musgos. La desaparición de zonas arboladas, la introducción de especies arbóreas exóticas, las construcciones y la pavimentación alteran el hábitat natural de los musgos. También son determinantes la lluvia ácida, los pesticidas y fertilizantes que causan daños celulares en las hojas. El efecto negativo de la contaminación ambiental sobre las plantas ha sido bien documentado por diferentes autores en otras

partes del mundo (Ando y Matsuo 1984, Bates 2000, Lee *et al.* 1998).

En el caso de los musgos epífitos, aquellos que viven sobre otras plantas, los estudios preliminares de Durán y Rivera (1982) y Durán (1993) indican que existen numerosas industrias y vehículos que emiten grandes volúmenes de contaminantes a la atmósfera, como SO_2 (bióxido de azufre) y NO_3 (nitratos). La evaluación de parámetros fitosociológicos mediante el Índice de Pureza Atmosférica (IPA) indica que sus valores más altos se presentan en los sectores suroeste y sureste de la ciudad, donde la contaminación por SO_2 es menor, mientras que los más bajos ocurren hacia el noroeste. Durán (1993) también observó la ausencia de algunas especies conocidas por registros antiguos y una frecuencia de aparición menor de especies muestreadas en 1981.

Además de la contaminación, la reducción del número de musgos epífitos puede ser resultado de la pérdida del arbolado como consecuencia de la tala o poda. El retiro de los árboles de mayor edad o para abrir espacio para vías de comunicación son prácticas comunes en la ciudad. Localidades como Tacubaya, Tlalpan o Zacatenco ya no son útiles para estudios de diversidad de musgos al desaparecer su hábitat. Los árboles permiten el crecimiento de especies de *Orthotrichum*, *Syntrichia* o *Fabronia*, pero la poda frecuente, el uso de sus ramas para fijar líneas de todo tipo, o bien, la sustitución de árboles por los servicios citadinos de jardinería también eliminan a los musgos.

En el pasado, el adobe era común en la construcción de casas-habitación en la Ciudad de México. En casas donde persisten los adobes se han colectado muestras de *Aloina hamulus*. Sin embargo, con la sustitución por otros materiales, el adobe como microhábitat está desapareciendo, por lo que éste y otros musgos se vuelven cada vez más raros en el ambiente urbano. Algunas especies que podrían haber desaparecido en tiempos recientes incluyen a *Drepanocladus sordidus*, *Hygroamblystegium varium*, *Meteorium illecebrum*, *Platyhypnidium riparioides*, *Rhynchostegium pringlei* y *Thuidium delicatulum*, aunque hay poblaciones en localidades vecinas desde donde podrían dispersarse sus estructuras de reproducción. Las especies frecuentes y de amplia distribución podrían extender su área de distribución local como consecuencia de la perturbación continua del ambiente urbano, porque abre hábitats e incorpora nuevos sustratos; sus estructuras de reproducción están presentes en el aire de la ciudad (*cf.* Bautista 1990) y en el banco de esporas del suelo.

Es preocupante la situación de especies como *Grimmia involucrata*, endémica de México, que ocupa una área de distribución pequeña (del sur de Zacatecas a la Ciudad de México) y crece sobre rocas expuestas en matorrales y bosques secos. Si sus localidades conocidas en la Ciudad de México fueran eliminadas, el tamaño de su área de distribución se reduciría notablemente. Otro ejemplo es el de *Pterobryopsis mexicana*, la cual se colectó en 1944 en Peña Pobre, en el área del Pedregal de San Ángel, en una localidad que ahora está ocupada por un centro comercial; la especie no se ha vuelto a colectar en los alrededores inmediatos.

En síntesis, los musgos son plantas verdes, comparativamente poco complejas, que crecen en diversos hábitats en intervalos de elevación amplios. En el ambiente urbano estuvieron mejor representadas, pero las actividades humanas han afectado el número de especies en la ciudad. La contaminación del aire, la sustitución de materiales de construcción y la eliminación de árboles y de otros hábitats ocasionan la pérdida de diversidad.

Conclusión

La conservación de los hábitats de los musgos es indispensable para mantener su diversidad y cobertura. En un ambiente urbano, la riqueza de especies de musgos se puede interpretar como indicadora de la salud del ambiente para otras plantas y para el ser humano. La

reducción del número de sustratos, la pérdida del arbolado y los daños físicos a los musgos por contaminación reducen su capacidad reproductiva y limitan las posibilidades de detectar cambios indeseables en el ambiente.

Recomendaciones

A través de un largo proceso evolutivo los musgos desarrollaron finas modificaciones estructurales y fisiológicas que les permiten prosperar en sitios donde otras plantas no crecen. Por ejemplo, muchas especies, después de un periodo de sequía, no mueren, sino que reanudan su actividad metabólica rápidamente; por tal razón, se ha propuesto obtener de ellos genes de resistencia a la desecación para insertarlos en plantas de interés agrícola (Martínez *et al.* 2009).

Para contar con un registro completo de la diversidad de musgos en la Ciudad de México se debe continuar la exploración de sus hábitats y aportar información sobre la importancia de las especies potencialmente útiles como fuente de información científica o pragmática. Los datos de su distribución, el tamaño de sus poblaciones, sus peculiaridades y estimación de riesgo son datos necesarios para asegurar su conservación.

En atención a tales consideraciones, la recolección y determinación son el primer paso para proteger los recursos biológicos que representan estas plantas en los ambientes naturales. Las áreas naturales dentro de sus límites políticos no han recibido suficiente atención y su exploración agregaría datos sobre la distribución de los musgos y la vegetación.

La flora de musgos de la ciudad es diversa y con numerosos ejemplos de plantas de alto valor científico y de uso potencial. En zonas urbanas los musgos podrían ser motivo de estudio para comprender su tolerancia a la desecación o su resistencia a la contaminación del aire y del suelo. Su cultivo en parques y jardines y como objetos de ornato en fachadas y azoteas ya es práctica común desde hace muchos años en otros países, pero en México todavía no se les considera para ese propósito.

Referencias

Ando, H. y A. Matsuo. 1984. *Applied bryology. Advances in Bryology* 2:133-239.

Bates, J.W. 2000. Mineral nutrition, substratum ecology, and pollution. pp. 248-311. En: *Bryophyte Biology.* A.J. Shaw y B. Goffinet (eds.) Cambridge Univ. Press. Cambridge.

Bautista-Mayén, N.A. 1990. *Comportamiento estacional de las aerosporas de musgos en el sur de la Ciudad de México.* Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM.

Cárdenas-Soriano, A. y C. Delgadillo-Moya. 2009. Musgos del Valle de México. *Cuadernos* 40. Instituto de Biología, UNAM. México.

Castañeda-Bernal, R. y C. Delgadillo-Moya. 1998. *Fissidens crispus Mont.* from Holocene deposits in central Mexico. *Bryologist* 101:109-111.

Crum, H.A. 1951. *The Appalachian-Ozarkian element in the moss flora of Mexico with a check-list of all known Mexican mosses.* Ph.D. Dissertation. Univ. Michigan. Ann Arbor.

Delgadillo-Moya, C., B. Bello y A. Cárdenas-Soriano. 1995. Latmoss. A catalogue of neotropical mosses. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden.* 56:1-191.

Delgadillo-Moya y A. Cárdenas-Soriano. 2000. Urban mosses in Mexico City. *Anales Instituto de Biología, Serie Botánica* 71:63-72.

Delgadillo-Moya, C. y A. Cárdenas-Soriano. 2009. Musgos y otras briofitas de importancia en la sucesión primaria. pp. 101-105. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel.* A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Durán-Díaz, A. 1993. *Evaluación briológica de los efectos de la contaminación atmosférica en la Ciudad de México.* Tesis de Maestría en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM.

Durán-Díaz, A. y V.M. Rivera A. 1982. *Los musgos epífitos y la contaminación atmosférica en el área urbana de la Ciudad de México.* Tesis de Licenciatura en biología. ENEP—Iztacala, UNAM.

Glime, J.M. 2007. *Bryophyte Ecology. Volume 1. Physiological Ecology*. Michigan Technological University and the International Association of Bryologists. En: <*http://www.bryoecol.mtu.edu/*>, última consulta:15 de mayo de 2012.

Lee, J.A., S.J.M. Caporn, J. Carroll, *et al.* 1998. Effects of ozone and atmospheric nitrogen deposition on bryophytes. Pp. 331-341. En: *Bryology for the twenty-first century*. J.W. Bates, N.W. Ashton y J.G. Duckett (eds.). Maney Publ. & British Bryol. Soc. United Kingdom.

Martínez-Zavala, A., A. Arroyo-Becerra y M.A. Villalobos-López. 2009. Briofitas: Plantas programadas para enfrentar la sequía. *Ciencia y Desarrollo* 35:54-61.

Sharp, A.J., H. Crum y P.M. Eckel. 1994. The moss flora of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden*. 69:1-1113.

Licopodios y helechos (Pteridobionta)

José Daniel Tejero Díez
Alin Nadyeli Torres Díaz

Introducción

Los licopodios y helechos fueron las primeras plantas en poseer un sistema vascular que les permite el transporte de agua y nutrientes entre las raíces y el follaje. Ya existían en el devónico (hace 380 millones de años) y formaron parte de las plantas que colonizaron el medio terrestre cuando el oxígeno se acumuló en la atmósfera formando la capa de ozono. Tuvieron su apogeo a fines del mesozoico (hace 65 millones de años) y actualmente representan 4% del total de plantas vasculares del mundo (Sharpe *et al.* 2010), lo que equivale a cerca de 11 mil especies (9 600 helechos y 1 400 licopodios; Hoogland y Reveal 2005, Smith *et al.* 2008).

En la clasificación actual se diferencia a los licopodios y helechos en dos divisiones: Lycopodiophyta y Polypodiophyta. Los helechos presentan hojas desproporcionalmente grandes en relación con el tallo, pecioladas, con varias venas (una sola vena en las hojas de los equisetos, comúnmente llamados cola de caballo y carricillos) y cápsulas (donde se encuentran las esporas) en el anverso o el margen de las hojas o estructuras modificadas de las mismas; mientras que los licopodios tienen las hojas pequeñas en relación con el tallo, con sólo la vena central, sin pecíolo y sus cápsulas nacen en la axila de las hojas (Moran 2004).

El conocimiento sobre los helechos y licopodios en México se remonta a la época prehispánica. El Códice Cruz-Badiano, realizado 1552,



Figura 1. *a) Asplenium praemorsum* (Polypodiophyta), helecho epífito que crece en bosque templado húmedo. *b) Selaginella pallescens* (Lycopodiophyta), común en suelos rocosos. Foto: Daniel Tejero-Díez.

Tejero-Díez, J.D. y A.N. Torres-Díaz. 2016. Licopodios y helechos (Pteridobionta). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.87-98.

refiere varias especies de este grupo de plantas, especialmente el carricillo (*Equisetum hyemale*; De Ávila 2012), *Marsilea* y *Selaginella*. En la actualidad no existe un trabajo de tipo etnobotánico o de botánica económica que reúna información al respecto; sin embargo, a partir de trabajos históricos y locales dispersos se sabe que existen cerca de 50 especies con importancia, principalmente medicinal. Otro aspecto sobresaliente es el uso como especies ornamentales, ya sea como planta de maceta o follaje; muchas especies son extraídas del medio natural para su venta, otras han sido introducidas y pocas se cultivan en viveros.

Descripción

Los pteridobiontes se emparentan con las plantas superiores (coníferas y plantas con flor) por presentar tejido vascular, pero se distinguen de ellas por no producir semillas y frutos (Moran 2004), y se diferencian de los musgos (que también producen esporas), por el peculiar ciclo biológico de fases (asexual y sexual) independientes y por presentar un tejido vascular bien diferenciado (xilema y floema).

El ciclo de vida de los pteridobiontes consiste en dos fases separadas, cada una con morfología diferente: *a*) fase asexual, es la planta que comúnmente se conoce como helecho o licopodio, es herbácea y presenta un abanico de formas de vida que van desde terrestres, acuáticas, epífitas, trepadoras, hasta arborescentes (Page 1979; figura 1), se caracteriza por producir esporas dentro de pequeñas cápsulas (por ello, la fase es denominada esporófita); *b*) fase sexual, tras la germinación de las esporas se forma una pequeña planta (de 1 cm, con forma de corazón o lengua) cuyo papel es la producción de gametos (fase denominada gamotófita), los cuales se desplazan a través de películas de agua para lograr la fecundación, de la que nace la fase esporófita (Tejero-Díez y Granillo-Velázquez 2008).

En cuanto a los pteridobiontes, 75% se distribuye en las montañas tropicales de dos grandes regiones: una en América, entre el sureste de México, las Antillas, Centroamérica y los Andes de Venezuela a Bolivia; otro en el Viejo Mundo, en el sureste de Asia y Malasia; las zonas templadas de ambos hemisferios y África tienen relativamente pocas especies (Tryon 1986, Moran 2004). Son uno de los grupos más diversos y abundantes en la zona montañosa tropical donde generalmente representan alrededor de 13% de la riqueza taxonómica (Kessler 2010), aunque en algunos tipos de vegetación, como el bosque mesófilo de montaña en México, pueden llegar a aportar hasta 19% de la diversidad local de plantas (Kessler 2001, Kessler *et al*. 2001). En México, según Mickel y Smith (2004), se encuentran 1 008 especies de pteridobiontes (cuadro 1), aunque en los últimos 10 años se han descrito cerca de una veintena más.

El conocimiento de la pteridoflora

Gracias al esfuerzo de numerosos colectores botánicos a lo largo de los últimos tres siglos, se tiene una idea más o menos clara de la distribución y comportamiento de este grupo de plantas en la Ciudad de México. La primera referencia científica a un helecho proviene de la lámina 187 de la *Iconografía de la flora mexicana* de Sessé y Mociño de 1893, donde se indica que *Pteris cretica* se colectó en Chapultepec (Tejero-Díez 2010); dato relevante pues se trata de una especie ribereña o riparia considerada exótica (Tejero-Díez y Torres-Díaz 2012), lo que hace suponer la presencia de corrientes de agua en la zona y la pronta introducción de especies por el ser humano.

Durante el siglo XIX y primera mitad del XX, botánicos extranjeros como W. Schaffner (1856-1876), M. Bourgeau (1865-1866), C. Pringlei (1902-1903), C. Purpus (1911), E. Lyonnet (1927-1941) y A. Sharp (en la década de los cuarenta) recorrieron las zonas del pedregal de San Ángel-Xitle, los bosques de Cuajimalpa y Contreras, así como las barrancas de la zona sur. Los ejemplares reunidos por estos natura-

listas son una fuente histórica importante, ya que muchas de estas especies no se han vuelto a encontrar y constituyen una referencia directa de los efectos negativos por el cambio de uso del suelo al ambiente natural.

En la segunda mitad del siglo xx, se llevó a cabo una intensa actividad de exploración en la cuenca de México, donde se incluyeron visitas a la ciudad; especialmente los licopodios y helechos fueron trabajados por Matuda (1956 *a*, *b*). Otros estudios florísticos regionales que aportaron conocimiento y material botánico de pteridobiontes fueron los de Rzedowski (1954), en el Pedregal de San Ángel, Bopp-Oeste (1956), en la Sierra de Guadalupe y de González-Hidalgo y colaboradores (2002) en Lomas del Seminario (Ajusco). Con los ejemplares acumulados en los distintos herbarios mexicanos y extranjeros, se realizaron los estudios de Arreguín-Sánchez y colaboradores (2004) sobre la pteridoflora de la cuenca de México, donde enlistan 77 especies para la Ciudad de México. Por su parte, Mickel y Smith (2004) indican la existencia de 113 especies y Rivera-Hernández y Espinosa-Henze (2007) 71 especies. A continuación se da a conocer la riqueza, distribución y estado de conservación de los pteridobiontes en la capital del país, con base en los estudios antes mencionados.

Riqueza

La lista de pteridobiontes recopilada para este estudio consta de 121 especies y un híbrido, de las cuales cinco pertenecen a Licopodiophyta y el resto a Polypodiophyta (apéndice 10). Del total, 14 especies no se consideraron en los análisis dado que son dudosas por no existir colectas adicionales que corroboren su presencia; la mayoría de ellas (11) proceden de recolectas de W. Schaffner, referidas de 1876 a 1880, las cuales son poco claras debido a la confusa organización de la numeración (Rzedowski 1959, Mickel 2012) y son de preferencia macrotermófila (Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez 2004).

Debido a lo anterior, se considera que 108 especies es una cifra mucho más realista, (cuadro 1), lo cual representa 6.6% de la flora vascular en la Ciudad de México, con base a Rivera-Hernández y Espinosa-Henze (2007). La riqueza de pteridobiontes en relación con la superficie de la entidad (índice de biodiversidad IB = número de especies / Ln área) permite hacer comparaciones con otros estados del país (cuadro 2). De esta manera, la entidad presenta una riqueza de pteridoflora intermedia entre los estados del país, sobrepasa algunas entidades de gran magnitud territorial del norte de México, como Chihuahua, así como otras de semejante superficie en la misma zona latitudinal y climática, como Guanajuato y Tlaxcala. Lo anterior se puede explicar por la heterogeneidad topográfica y de suelos (presencia de pedregales, el gradiente de suelos forestales de montaña y los derivados de acarreo hídrico en la parte baja de las cuencas; Young y Leon 1989, Kessler 2010). Sin embargo, es superado por estados de latitudes más cercanas al trópico o de clima cálido como Morelos, Guerrero, Veracruz y Oaxaca, lo que puede explicarse por el efecto latitudinal ligado a la evapotranspiración y disponibilidad de agua precipitada, dado que la fertilización sexual de estos grupos depende del agua (Kessler 2001, 2010, Hemp 2002, Moran 2004).

La riqueza pteridoflorística se concentra principalmente en cinco géneros de Polypodiophyta: *Cheilanthes* (16 spp., 14.8%), *Asplenium* (12 spp., 11%), *Elaphoglossum* (9 spp., 8%) y el complejo *Pleopeltis-Polypodium* (9 spp., 8%), que en total suman 41.8% de las especies. Estos géneros son los más diversos en el país (Mickel y Smith 2004), y su riqueza se encuentra determinada por la gran extensión de las zonas ecológicas templadas y templadas subhúmedas. En el caso de la Ciudad de México, la presencia de *Cheilanthes* se relaciona con la dominancia de una zona templada subhúmeda y semiárida presente en la sierra

de Guadalupe, sierra de Santa Catarina y los pedregales de San Ángel-Xitle. El resto de los géneros son propios de la zona montañosa templada, que ocupa la zona de Bosques y Cañadas al sur y suroeste de la ciudad, especialmente el complejo *Pleopeltis-Polypodium*, representado por epífitas (Page 1979, Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez 2004, Hietz 2010, Smith y Tejero-Díez 2014).

Distribución

En términos generales, la Ciudad de México no es una región en que haya favorecido la formación de especies endémicas de pteridobiontes, las afinidades de su pteridoflora indican que ha sido colonizada por los helechos y licopodios provenientes de la cuenca del río Balsas y el Eje Volcánico Transversal (Mooser 1975, Rzedowski, *et al.* 2001). De acuerdo con la regionalización ambiental de la ciudad (Reygadas, en esta obra) y la distribución de los tipos de vegetación (Rzedowski, *et al.* 2001; figuras 2 y 3), la región que guarda una mayor riqueza de pteridobiontes es la denominada Bosques y Cañadas (73 Polypodiophyta y dos Lycopodiophyta). Se trata de un área con una superficie amplia al sur que posee una gran heterogeneidad topográfica, donde la humedad es alta en las cañadas y presenta un gradiente positivo de humedad con respecto a la altitud hasta la zona fría donde decrece; esta característica física promueve el desarrollo de microambientes que favorecen la presencia de

Cuadro 1. Comparación entre la riqueza de géneros (Smith *et al.* 2008) y especies (Mickel y Smith 2004) de la pteridoflora de México y la Ciudad de México.

Taxa superiores	Géneros en México	Especies en México	Géneros en la Ciudad de México	Especies en la Ciudad de México
LYCOPODIOPHYTA				
Lycopodiales				
Lycopodiaceae	3	20	1	1
Selaginellales				
Selaginellaceae	1	80	1	3
Isoetales				
Isoëtaceae	1	6	1	1
PTERIDOPHYTA				
Ophioglosales				
Ophioglossaceae	2	14	2	7
Psilotaceae	1	2	1	1
Marattiales				
Marattiaceae	2	6		
Equisetales				
Equisetaceae	1	3	1	1 + 1 híbrido
Osmundales				
Osmunadaceae	1	2		
Hymenophyllales				
Hymenophyllaceae	6	48		
Gleicheniales				
Gleicheniaceae	4	7		
Schizaeales				
Schizaeaceae	4	26		

Cuadro 1. Continuación.

Taxa superiores	Géneros en México	Especies en México	Géneros en la Ciudad de México	Especies en la Ciudad de México
Cyatheales				
Plagiogyriaceae	1	1	1	1
Metaxyaceae	1	1		
Cyatheaeceae	4	14		
Dicksoniaceae	4	5		
Salviniales				
Marsileaceae	2	8	1	1
Salviniaceae	2	4	1	1
Polypodiales				
Lindsaeaceae	4	9		
Lomariopsidaceae	2	4		
Davalliaceae	1	8	1	1
Dennstaedtiaceae	4	22	1	1
Saccolomataceae	1	2		
Pteridaceae	31	218	10	33
Aspleniaceae	3	89	1	10
Tectariaceae	1	7		
Thelypteridaceae	2	70	1	2
Woodsiaceae	5	42	3	6
Onocleaceae	1	1		
Blechnaceae	2	19	2	2
Dryopteridaceae	14	140	4	17
Oleandraceae	1	1		
Polypodiaceae	19	129	7	19
Totales	**131**	**1008**	**40**	**108 especies +1 híbrido**

Fuente: elaborado por los autores.

Cuadro 2. Riqueza de la pteridoflora en diferentes estados de México, expresado como número de especies y por el índice de biodiversidad taxonómica (IB).

Taxa superiores	Géneros en México	Especies en México	Géneros en la Ciudad de México	Especies en la Ciudad de México
Chihuahua	245 000	126	10.2	Knoblok y Correll 1962
Guanajuato	38 768	70	6.6	Díaz-Barriga y Palacios-Ríos 1992
Edo. México	21 196	253	25.4	Tejero-Díez 2007
Tlaxcala	3 997	43	5.2	Mickel y Smith 2004
Distrito Federal	1 485	108	14.8	Presente trabajo
Morelos	4 968	173	20.3	Riba *et al.* 1996
Veracruz	71 735	561	50.2	Tejero-Díez *et al.* 2010
Guerrero	64 586	373	33.7	Lorea-Hernández y Velázquez 1998
Oaxaca	93 136	626	54.7	Tejero-Díez y Mickel 2004

Fuente: elaborado por los autores.

numerosas especies de licopodios y helechos, especialmente en el intervalo de los 2 300 a 2 800 msnm (bosques mixtos de coníferas-encino, mesófilo de montaña y de oyamel; Moran 1995, Bhattarai *et al.* 2004, Kessler 2010, Tejero-Díez y Arreguín-Sánchez 2004). La segunda región de mayor riqueza, con 43 especies de Polypodiophyta y dos de Lycopodiophyta, la constituye Parques y Jardines. Ésta contiene una importante área natural formada por Leptosoles (suelos rocosos) derivados de lavas volcánicas ácidas, con matorral xerófilo y bosques de encino, así como cañadas cubiertas de bosque de encino y vegetación riparia (Luévano-Arroyo 2012); este tipo de ambientes son reconocidos mundialmente por albergar una alta riqueza de pteridofloras altamente adaptadas (Kessler 2010). El resto de las sierras del centro y norte de la ciudad que presentan matorral xerófilo contienen un menor número de especies (sierra de Santa Catarina con 13 especies y sierra de Guadalupe con 10), probablemente como producto de un clima semiárido, aunado a un fuerte impacto ambiental antrópico (figura 2).

Distribución en delegaciones

La distribución de los licopodios y helechos en las distintas delegaciones políticas está ligada a las características ambientales que poseen y también reflejan el esfuerzo de recolecta (figura 4). Se observa que cerca de 75% de los helechos y licopodios habitan únicamente en tres delegaciones (principalmente en Magdalena Contreras, Coyoacán y Cuajimalpa) y que sólo ocho especies se extienden en más de siete delegaciones: una Lycopodiophyta (*Selaginella pallescens*) y siete Polypodiophyta (*Asplenium monanthes*, *A. praemorsum*, *Cheilanthes* bonariensis, *Dryopteris cinnamomea*, *Phlebodium pseudoaureum*, *Polypodium thyssanolepis*, *Woodsia mollis*); ninguna de las especies se distribuye en toda la entidad (figura 5).

Una característica relevante de las delegaciones que concentran el mayor número de helechos es que aún cuentan con una amplia cobertura de bosques templados subhúmedos y húmedos. Probablemente Milpa Alta y Tláhuac tienen también un alto número

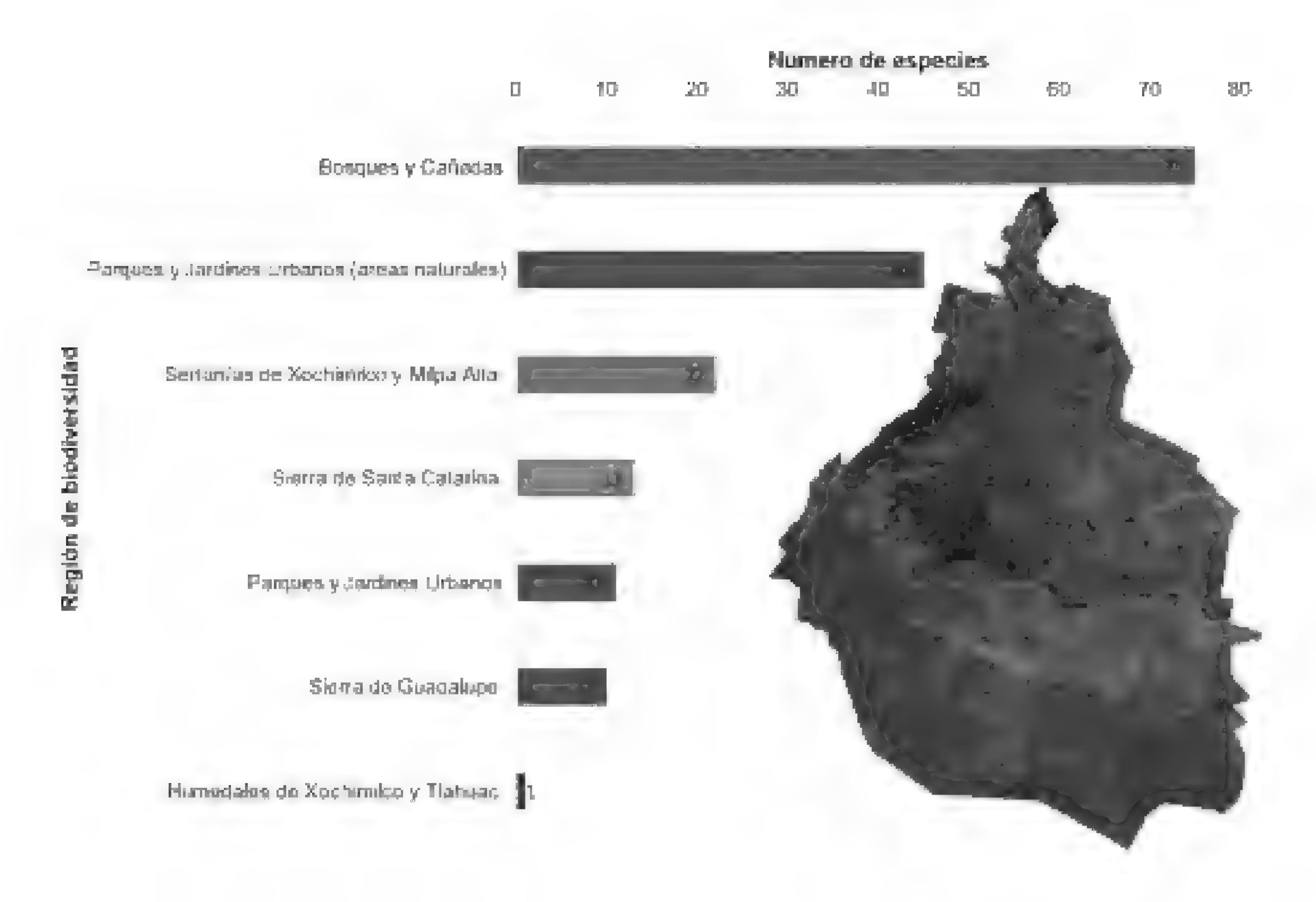


Figura 2. Riqueza de helechos y licopodios por regiones de la entidad. Fuente: elaborado por los autores.

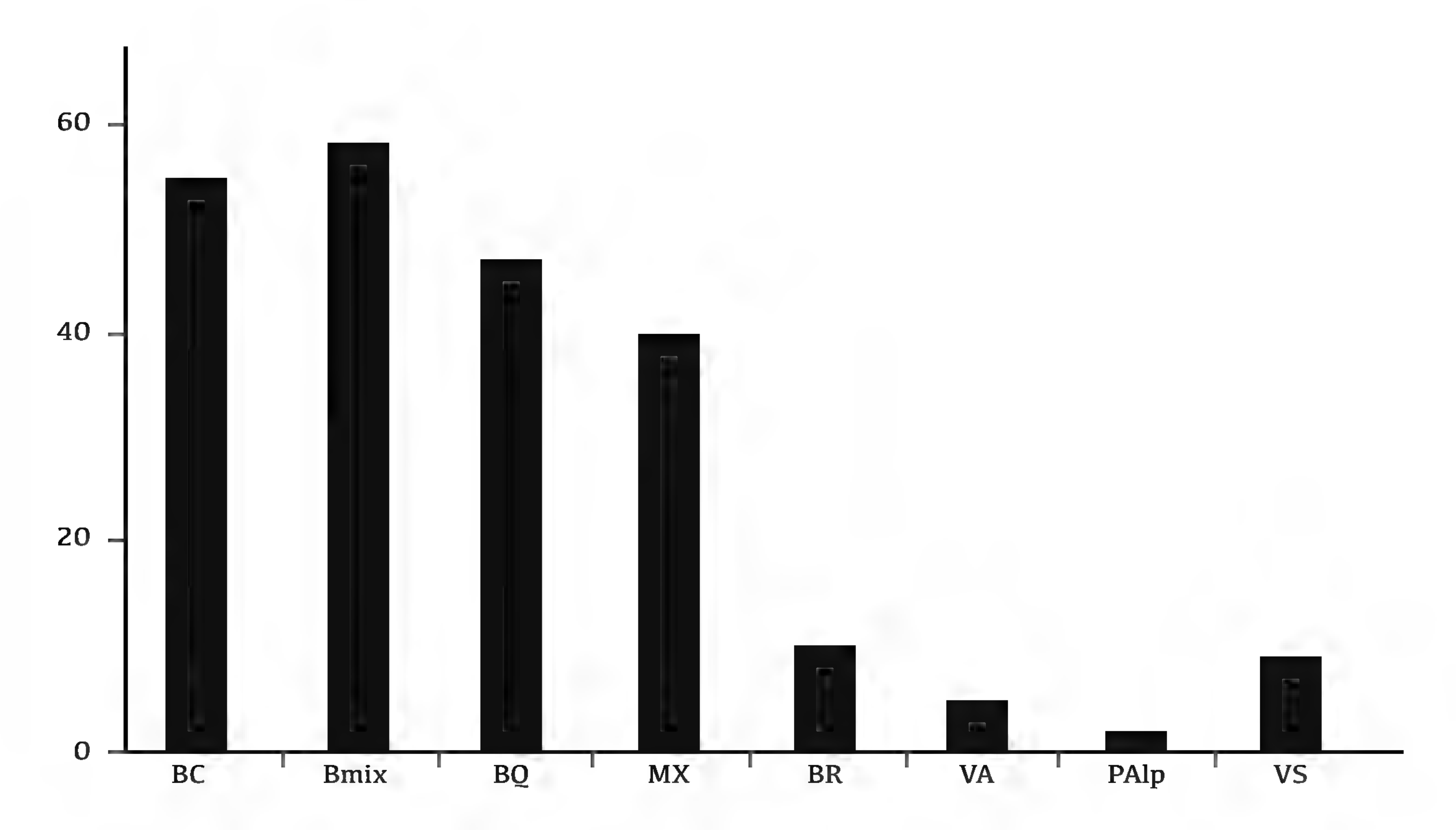


Figura 3. Relación de la cantidad de especies en cada tipo de vegetación. BC, bosque de coníferas; Bmix, bosque mixto (*Pinus-Quercus*); BQ, bosque de *Quercus*; MX, matorral xerófilo; BR, bosque ripario; VA, vegetación acuática; PAlp, pastizal alpino, VS, vegetación secundaria. Fuente: elaborado por los autores.

de especies, pero las recolectas no han sido intensas en la región y actualmente presentan un alto grado de perturbación. Aunque en las delegaciones Iztapalapa y Gustavo A. Madero existen sierras de baja altitud, la baja representación de helechos está ligada al clima semiárido predominante en ellas. Muchos de los helechos conocidos de estas áreas son colecciones históricas, provenientes de cuando existían matorrales xerófilos con elementos tropicales como el cuajiote (*Bursera fagaroides*) y la tronadora (*Tecoma stans*; Bopp-Oeste 1956); sin embargo, en la actualidad estas zonas están fuertemente impactadas o con reforestaciones inadecuadas de eucaliptos (*Eucalyptus* spp.), que inhiben el crecimiento de helechos.

Importancia y conservación

En general, los licopodios y helechos se consideran buenos indicadores de los cambios ambientales que puedan afectar a los ambientes naturales debido a la sensibilidad, principalmente del gametófito, a los parámetros microclimáticos y edáficos (Page 1979). Además brindan servicios ambientales de: *a*) soporte, dado que generan condiciones para el establecimiento de otras especies, sobretodo en cañadas y bosques húmedos (Kessler *et al.* 2001), donde juegan un papel importante en la estabilización y formación de suelos (Richardson y Walker, 2010); *b*) provisión, ya que algunas especies son utilizadas en México con fines medicinales, como colas de caballo y carricillos (*Equisetum* spp.; Pérez-Gutiérrez *et al.* 1985), doradillas y flores de peña (*Selaginella* spp.) y el helecho macho (*Dryopteris pseudofilix-mas*), ampliamente vendidos en sitios como el mercado de Sonora (Fernández y Ramos 2001, Linares-Mazari *et al.* s.a.); desde el punto de vista económico, destaca el uso como follaje en la floristería y como plantas de ornato; otro caso especial es *Azolla*, un helecho acuático fijador de nitrógeno utilizado en cultivos de arroz y como gallinaza; *c*) regulación, en los bosques húmedos los helechos epífitos juegan un papel importante en el ciclo hidrológico (Ambrose 2004, Tejero-Díez 2009), y *d*) culturales, pues han formado parte de la arquitectura de jardines interiores o de sombra (Foster 1993).

Por otra parte, una forma de vislumbrar el estado de conservación de las especies en este grupo de plantas es la abundancia de cada una de ellas mediante la representación existente en los herbarios. A partir del análisis de la

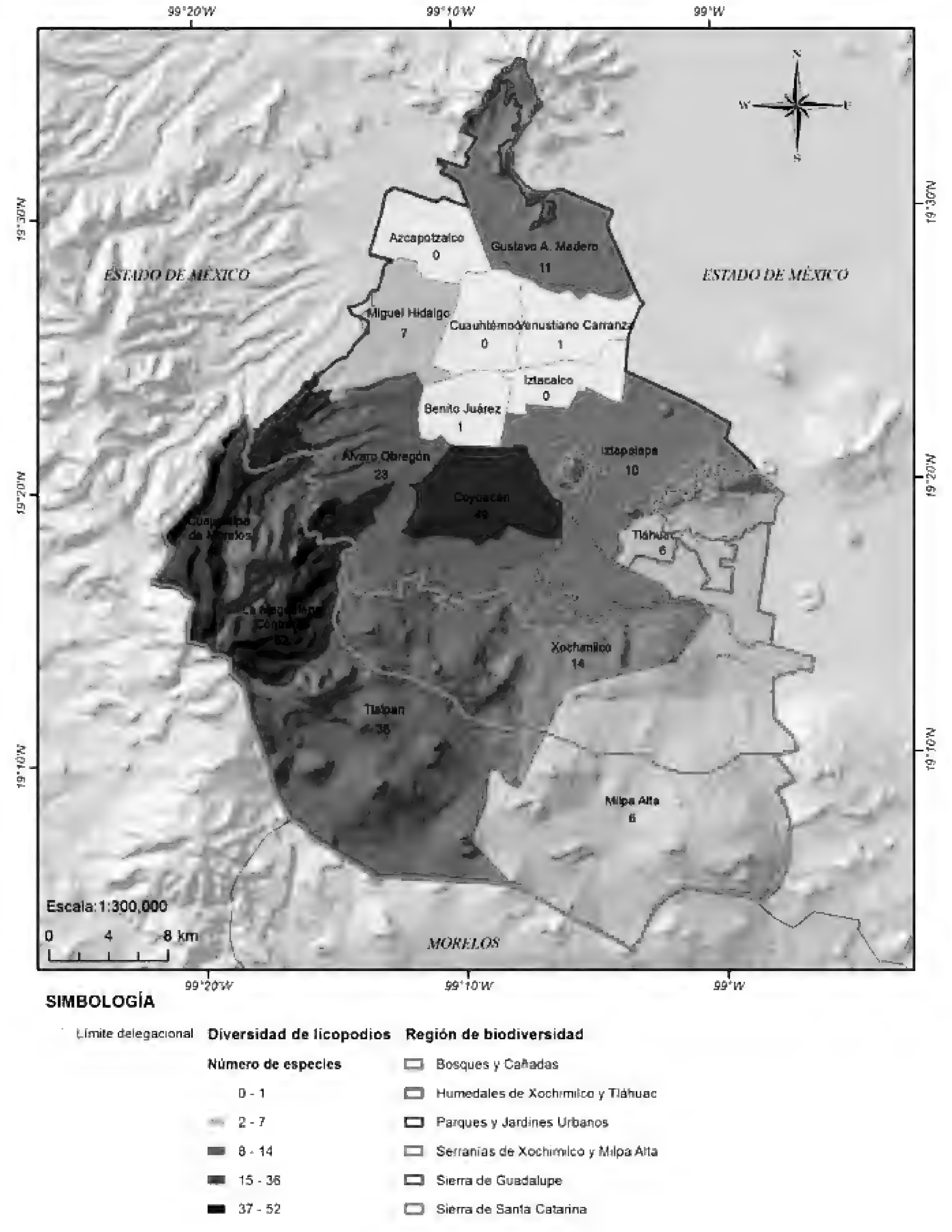


Figura 4. Riqueza de helechos y licopodios por delegación. Los tonos oscuros representan mayor riqueza; los claros, menor cantidad de especies. Fuente: elaborado por los autores.

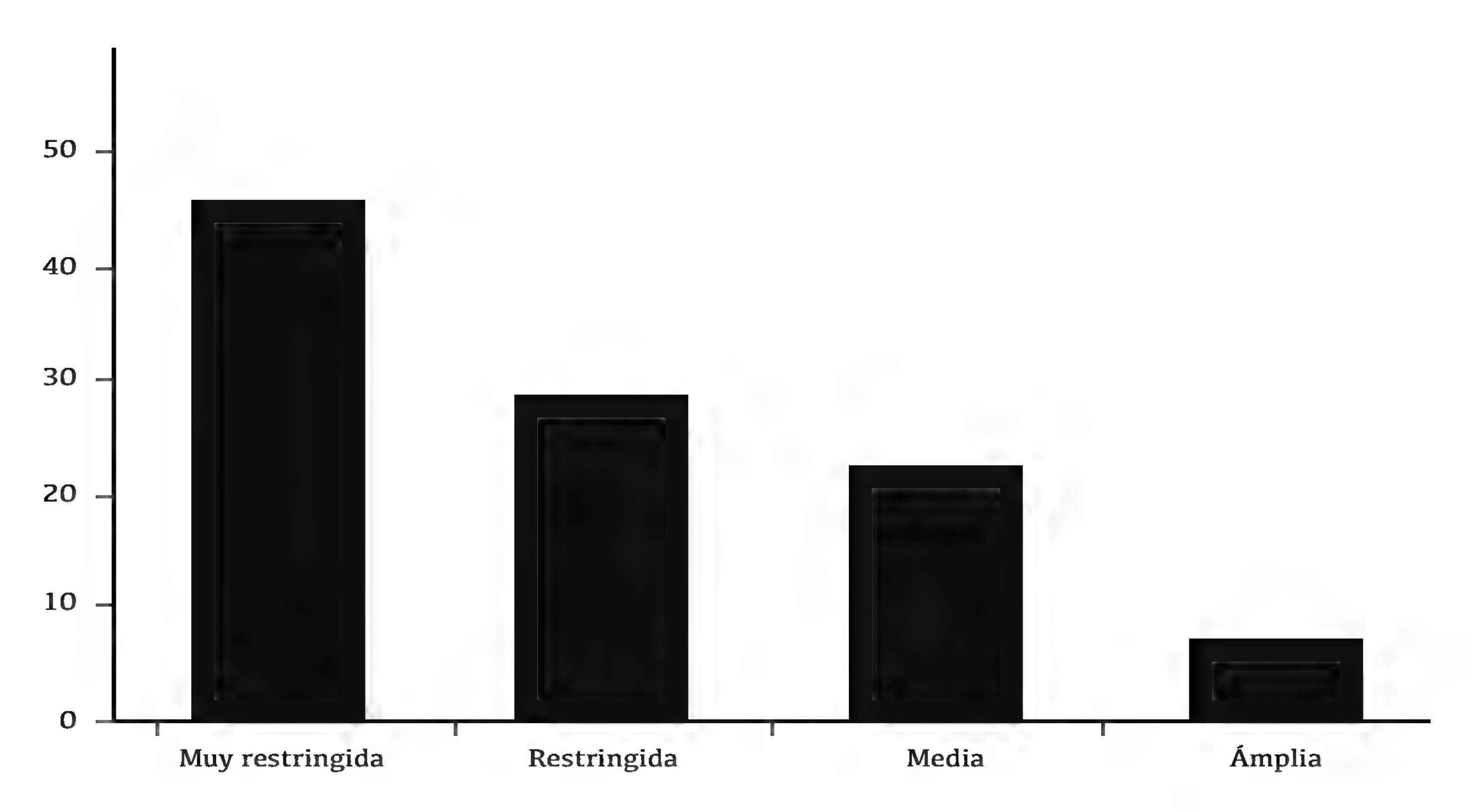


Figura 5. Tipo de distribución de especies considerando el número de delegaciones en las que se encuentran. Fuente: elaborado por los autores.

información sobre las especies presentes en la entidad, recopilada de los registros mostrados en Arreguín-Sánchez y colaboradores (2004), Mickel y Smith (2004) y la base de datos del herbario IEB (Instituto de Ecología, A.C., y Centro Regional del Bajío 2000; figura 6), se puede indicar que 75 especies (69.4%) cuentan con muy pocas recolectas, de éstas 24 (22.2%) se pueden presumir extintas, o al menos sumamente esporádicas, ya que sólo se conocen de colecciones históricas anteriores a 1959; 34 (31.5%) se podrían considerar como muy raras, dado que están representadas por una a tres recolectas, 17 (15.7%) son raras, ya que tienen de cuatro a seis especímenes y, las 33 especies restantes (30%), se pueden considerar como comunes debido a su gran abundancia, entre estas últimas destacan *Asplenium monanthes* (35 colectas), *Cheilanthes myriophylla* (30), *C. bonariensis* (25) y *Pleopeltis thyssanolepis* (25), todas de Polypodiophyta.

De todas las especies enlistadas en el apéndice 10, solamente *Nephrolepis cordifolia* se encuentra en la NOM-059-SEMARNAT-2010 en la categoría de "en peligro de extinción"; aspecto que no debe aplicar en el contexto del país y de la Ciudad de México debido a que se trata de una especie introducida, cultivada y potencialmente invasora (Tejero-Díez y Torres-Díaz 2012).

Como los helechos y licopodios no han sido debidamente incorporados en las diferentes listas de especies en riesgo, tanto internacionales como la nacional (Mehltreter 2010), es necesario contar con una evaluación local para su conservación y aplicaciones normativas a este nivel. Con la sumatoria de los valores asignados a cada una de las clases de frecuencia de la distribución (figura 5) y abundancia (figura 6) obtenidos y discutidos en este trabajo, es posible ofrecer una evaluación de la vulnerabilidad al impacto ambiental de las especies de pteridobiontes en la ciudad, donde se observa que solamente cuatro especies (3.7%) carecen de riesgo, 32 (29.6%) presentan un riesgo bajo y 47 (43.5%) son vulnerables; esto sin considerar a las especies posiblemente extintas (figura 7).

Conclusión

Los datos anteriores muestran que la Ciudad de México cuenta con una riqueza de pteridobiontes medianamente buena. Esta riqueza está concentrada en unas cuantas áreas boscosas de las delegaciones de Tlalpan, Magdalena Contreras, Álvaro Obregón, Cuajimalpa y en los matorrales del Pedregal de San Ángel que han sido más o menos preservadas. Si se considera que los helechos son buenos

indicadores ambientales por su sensibilidad a la pérdida de humedad, aumento de insolación y disminución de microambientes (allanamiento del medio natural), es preocupante observar que buena parte de esta riqueza (22%) ya ha desaparecido y que al menos 43.5% tiene un fuerte riesgo de disminuir sus poblaciones o de extinguirse en caso de continuar con el impacto antrópico sobre las áreas naturales.

Sin embargo, ya que ninguna de estas especies se encuentra en las listas oficiales de protección, se considera preponderante promover localmente su conservación mediante una normatividad y otras acciones correspondientes. Es contradictorio que, aunque la ciudad cuenta con importantes centros de investigación botánica, existan tan pocos estudios florísticos que permitan un conocimiento suficiente del estado de su pteridoflora. Con excepción de la zona del Pedregal de San Ángel, que ha sido monitoreada constantemente (Rzedowski 1954, Castillo-Argüero *et al.* 2004, Cano-Santana *et al.* 2008), el resto de las zonas de vegetación apenas cuenta con algún estudio ecológico publicado formalmente. Una de las

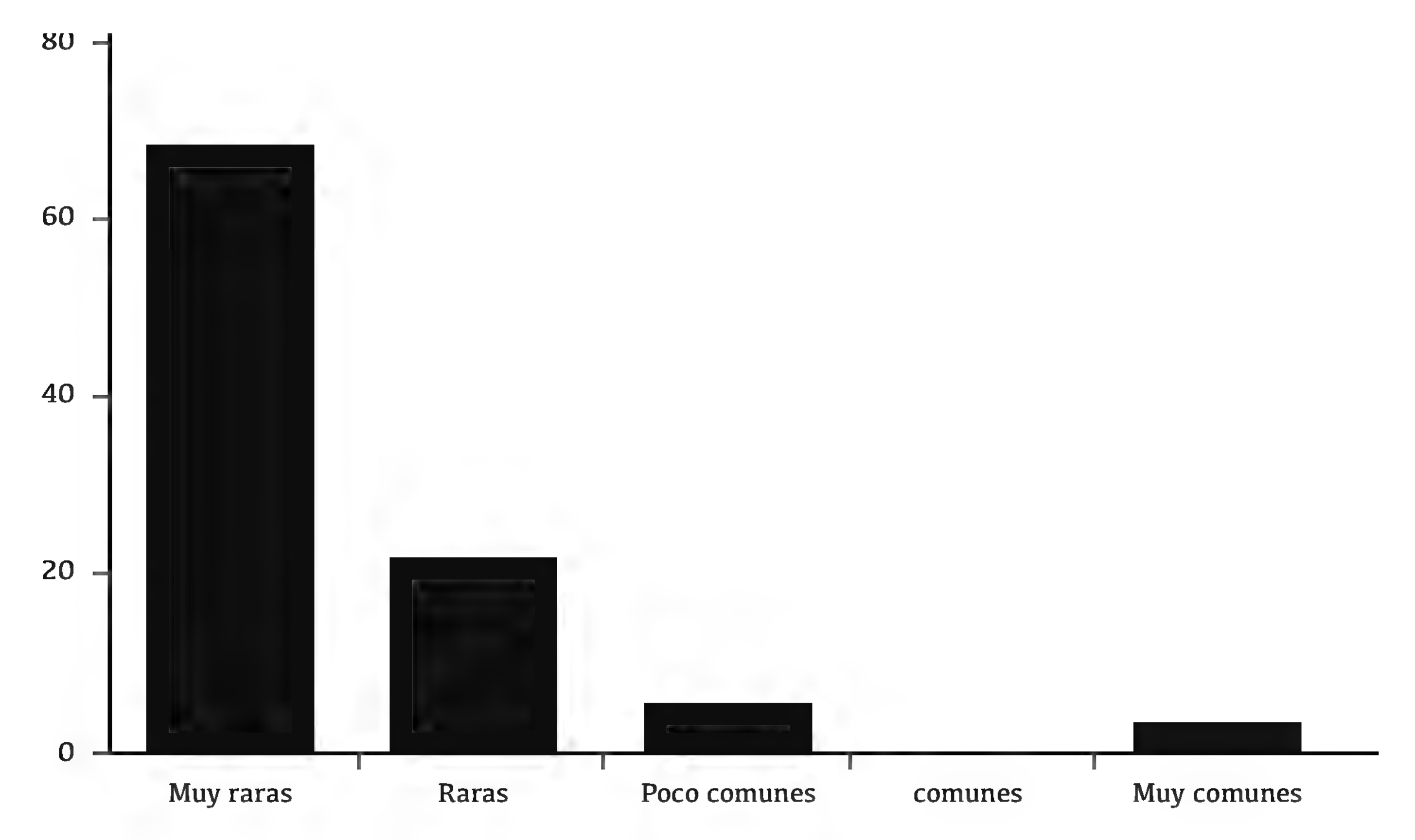


Figura 6. Abundancia de las especies a partir del número de colectas. Fuente: elaborado por los autores.

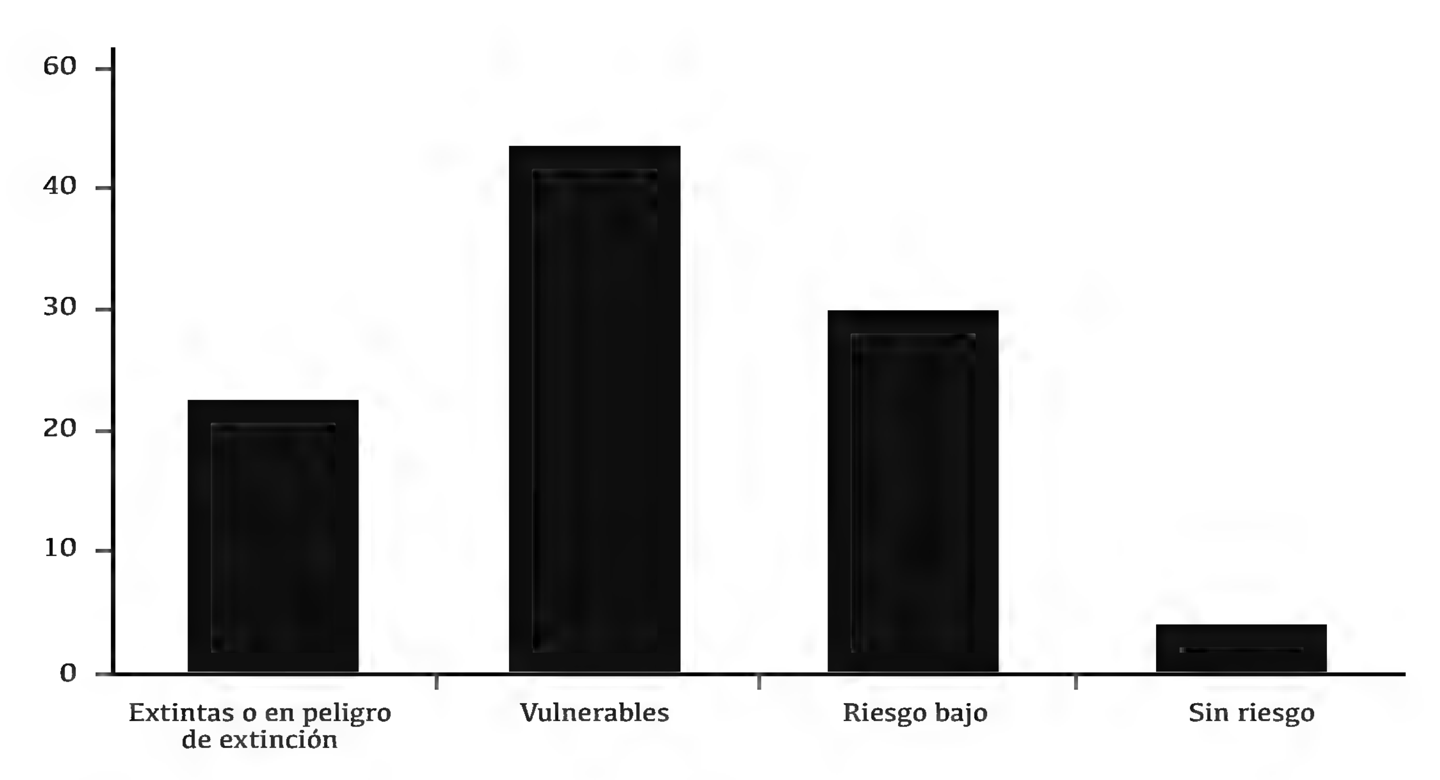


Figura 7. Número de especies en las diferentes categorías de vulnerabilidad. Fuente: elaborado por los autores.

prioridades al respecto es promover estudios florísticos y ecológicos que permitan averiguar la diversidad y estado de conservación de cada región (por ejemplo Cantoral *et al.* 2009 en la zona de la Magdalena Contreras) así como la forma adecuada de manejo.

Referencias

Ambrose, A.R. 2004. *Water-holding capacity of canopy soil mats and effects on microclimates in an old-growth redwood forest: A report to Save-the-Redwoods League*. Tesis de Maestría en Ciencias, Humboldt State University. Arcata, CA.

Arreguín-Sánchez, M.L., R. Fernández-Nava y D.L. Quiroz-García. 2004. *Pteridoflora del valle de México.* Instituto Politécnico Nacional, Escuela Nacional de Ciencias Biológicas. México.

Bhattarai, K.R., O.R. Vetaas y J.A. Grytnes. 2004. Fern species richness along a central Himalayan elevational gradient, Nepal. *Journal of Biogeography* 31:389-400.

Bopp-Oeste, M. 1956. *Contribución al estudio de la flora fanerogámica de los cerros situados al norte de la Ciudad de México. Sierra de Guadalupe. Cerros Chiquihuite, Ticoman y Zacatenco.* Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Cano-Santana, Z., S. Castillo Argüero, Y. Martínez-Orea y S. Juárez-Orozco. 2008. Análisis de la riqueza vegetal y el valor de conservación de tres áreas incorporadas a la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal (México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 82:1-14.

Cantoral, E., L. Almeida, J. Cifuentes, *et al.* 2009. La biodiversidad de una cuenca en la ciudad de México. *Ciencias* 94:28-33

Castillo-Argüero, S., G. Montes-Cartas, M.A. Romero-Romero, *et al.* 2004. Dinámica y conservación de la flora del matorral de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (D.F. México). *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 74:51-75.

De Ávila, A. 2012. Yerba del coyote, veneno del perro: la evidencia léxica para identificar plantas en el Códice de Cruz Badiano. *Acta Botanica Mexicana* 100:489-526.

Fernández, R. y D. Ramos. 2001. Notas sobre plantas medicinales del estado de Querétaro, México. *Polibotánica* 12:1-39.

Foster, F.G. 1993. *Ferns to know and grow.* Timber Press. Oregon.

González-Hidalgo B., A. Orozco-Segovia y N. Diego-Pérez. 2002. Florística y afinidades fitogeográficas de la Reserva Lomas del Seminario (Ajusco Medio, Distrito Federal). *Acta Botanica Hungarica* 44 (3-4):297-316.

Hemp, A. 2002. Ecology of the pteridophytes on the southern slopes of mt. Kilimanjaro. I. Altitudinal distribution. *Plant Ecology* 159:211-239.

Hietz, P. 2010. Ferns adaptations to xeric environments. pp. 140-176. En: *Fern Ecology*. K. Mehltreter, L.R. Walker y J.M. Sharpe (eds.). Cambridge University Press. Cambridge,

Hoogland, R.D. y J.L. Reveal. 2005. Index nominum familiarum plantarum vascularium. *The Botanical Review* 71(1/2):1-291.

INECOL. Instituto de Ecología, A.C. y Centro Regional del Bajío. 2000. Herbario IEB Base de datos de REMIB/CONABIO. Pátzcuaro, Michoacán, México.

Kessler, M. 2001. Pteridophyte species richness in Andean forest in Bolivia. *Biodiversity and Conservation* 10:1473-1495.

Kessler, M. 2010. Biogeography of ferns. pp. 22-60. En: *Fern Ecology*. K. Mehltreter, L.R. Walker y J.M. Sharpe (eds.). Cambridge University Press. Cambridge.

Kessler, M., B.S. Parris y E. Kessler. 2001. A comparison of the tropical montane pteridophyte floras of mount Kinabalu, Bormeo, and Parque Nacional Carrasco, Bolivia. *Journal of Biogeography* 28:611-622.

Linares-Mazari, E., R. Bye, T. Balcazar, V. Torres y L. Martínez. s.a. Contribución al conocimiento de las plantas medicinales del Mercado Sonora del Distrito Federal, México. En: *Memoria del Primer Simposio de Herbolaria*. Academia de la Industria Farmacéutica, México.

Luévano-Arroyo, A.E. 2012. *Regeneración natural de plántulas de encino (Quercus spp.) en un área conservada de la barranca de Tarango*. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM. Tlalnepantla.

Matuda, E. 1956*a*. *Los helechos del Valle de México y alrededores. Anales del Instituto de Biología de la* UNAM, serie Botánica 27:49-168.

Matuda, E. 1956*b*. *Los helechos del Estado de México.* Dirección de agricultura y ganadería. Gobierno del Estado de México. Toluca.

Mehltreter, K. 2010. Fern conservation. pp. 323-359 En: *Fern Ecology*.K. Mehltreter, L.R. Walker y J.M. Sharpe. Cambridge University Press. Cambridge..

Mickel, J.T. 2012. Curador emérito del New York Botanical Garden. Comunicación personal, junio.

Mickel, J.T. y A.R. Smith. 2004. The Pteridophytes of Mexico. *Memoirs of the New York Botanical Garden* 88:1-1054.

Mooser, F. 1975. Historia geológica de la cuenca de México. pp.7-38. En: *Memorias de las obras del sistema de drenaje profundo del Distrito Federal*. Departamento del Distrito Federal. México D.F. Tomo I.

Moran, R.C. 1995. The importance of mountains to pteridophytes, with emphasis on neotropical montane forest. pp. 359-363 En: *Biodiversity and Conservation of neotropical montane forest*. S.P. Churchill, H. Balslev. E. Forero y J.M. Luteyn (eds.). The New York Botanical Garden. Bronx, Nueva York.

——. 2004. *Natural history of ferns*. Timber Press. Oregon.

Page, C.N. 1979. The diversity of ferns: An ecological perspective. pp. 10-56 En: *The experimental biology of ferns*. A.F. Dyer (ed.). Academic Press. London.

Pérez-Gutiérrez, R.M., G. Yescas-Laguna y A. Walkowski. 1985. Diuretic activity of Mexican *Equisetum*. *Journal of Ethnopharmacology* 14:269-272

Richardson, S.J. y L.R. Walker. 2010. Nutrient ecology of ferns. pp. 111-139 En: *Fern Ecology*. K. Mehltreter, L.R. Walker y J.M. Sharpe. Cambridge University Press. Cambridge.

Rivera-Hernández, J.E. y A. Espinosa-Henze. 2007. Flora y vegetación del Distrito Federal. pp. 231-253. En: *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. I. Luna, J.J. Monroe y D. Espinosa (eds.). UNAM. D.F.

Rzedowski, J. 1954. Vegetación del Pedregal de San Ángel (Distrito Federal, México). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 8:59-129

——. 1959. Las colecciones botánicas de Wilhelm (José Guillermo) Schaffner en San Luis Potosí. I. *Acta Científica Potosina* 3:99-121

Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowski, *et al*. 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª Edición. INECOL/CONABIO, Pátzcuaro, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sharpe, J.M., K. Mehltreter y L.R. Walker. 2010. Ecological importance of ferns. pp. 1-21 En: *Fern Ecology*. K. Mehltreter, L.R. Walker y J.M. Sharpe (eds.). Cambridge University Press. Cambridge, .

Smith, A.R., K.M. Pryer, E. Schuttpelz, *et al*. 2008. Fern classification. pp. 417-467 En: *Biology and evolution of ferns and lycophytes*. T.A. Ranker y C.H. Haufler (eds.). Cambridge University Press. Nueva York.

Smith, A.R. y J.D. Tejero-Díez. 2014. *Pleopeltis* (Polypodiaceae), a redefinition of the genus and new combinations. *Botanical Sciences* 92(1): 43-58.

Tejero-Diez, D. 2009. Los helechos epífitos: adaptaciones en Polypodiaceae. Red de Información sobre plantas epífitas. Artículo de divulgación No.1. En: <*http://www3.inecol.edu.mx/epifitas/ARCHIVOS/documentos/dtd_2009.pdf*>, última consulta: 2 de julio de 2012.

Tejero-Díez, D. 2010. Pteridófitas. pp. 144-155 En: José Mariano Mociño y Martín de Sessé: *La Real Expedición Botánica a Nueva España*. J. Labastida, E. Morales, J.L. Godínez, F. Chiang, M.H. Flores, A. Vargas y M.E. Montemayor (coords). Siglo XXI Editores, UNAM. Vol. XI.

Tejero-Díez, J.D. y M.L. Arreguín-Sánchez. 2004. Lista con anotaciones de los pteridófitos del Estado de México, México. *Acta Botanica Mexicana* 68:1-82.

Tejero-Díez, J.D. y M.P. Granillo-Velázquez. 2008. *Plantae: Introducción al estudio de las plantas con embrión*. UNAM, Facultad de Estudios Superiores Iztacala. Estado de México.

Tejero-Díez, J.D. y A.N. Torres-Díaz. 2012. *Phymatosorus grossus* (Polypodiaceae) en México y comentarios sobre otros pteridobiontes no-nativos. *Acta Botánica Mexicana* 96:111-124

Tryon, R. M. 1986. The biogeography of species, with special reference to ferns. *The Botanical Review* 52(2):117-155.

Young K. R. y B. León. 1989. Pteridophyte species diversity in central Peruvian Amazon, importance of edaphic specialization. *Brittonia* 41:388-395.

Pinos (Pinaceae)

David Sebastian Gernandt
Sol Ortiz García

Descripción

Las coníferas son árboles dominantes de la vegetación terrestre y tienen una distribución cosmopolita. La familia Pinaceae es el componente más importante de bosques boreales y bosques templados en el hemisferio norte. También se presenta en otros tipos de vegetación, como en los bosques deciduos, bosques mesófilos de montaña y matorrales. Además, en el hemisferio sur se han cultivado ampliamente especies de *Pinus* (pino) y, en menor grado, otros géneros como *Picea* y *Pseudotsuga*, lo que ha ampliado su rango de distribución original. Debido a su extraordinaria importancia ecológica y económica (Farjon 1990, Richardson y Rundell 1998), la familia Pinaceae se ha estudiado intensivamente en los campos de ecología, evolución, fisiología, genética, taxonomía y ciencia forestal.

Pinaceae es una de las seis familias de coníferas (dentro del orden Pinales o Coniferales). Incluye 11 géneros y más de 230 especies, lo cual representa 30% de la diversidad existente de coníferas (Farjon 2010).

Son árboles o arbustos comúnmente de entre 1 y 50 m de altura, aunque algunas especies pueden alcanzar hasta 90 m (figuras 1*a*, 1*b* y 1*c*). Tienen corteza lisa o rugosa, en placas grandes y gruesas con fisuras verticales o más escamosa (figura 1*d*). Las hojas de estos árboles son simples y tienen forma de aguja, arregladas a manera de hélice sobre las ramas (figura 1*e*).

En *Pinus*, las hojas se presentan en grupos (llamados fascículos) de dos a cinco, excepcionalmente solitarias, o en grupos de hasta ocho (figura 1*f*). Las hojas por lo general persisten por más de un año, excepto en *Larix* y *Pseudolarix*, donde son reemplazadas anualmente (deciduas). Presentan canales resiníferos en la madera, la corteza, hojas y en los conos. Las resinas producidas por las coníferas les proporciona su aroma particular. Producen sus semillas y el polen en el mismo individuo pero en conos separados (son monoicos). Los conos que llevan el polen, conocidos como conos polínicos, son simples y pequeños (figura 1*g*). Los granos de polen son alados en todos los géneros, excepto en *Larix* y *Pseudotsuga*. Los conos ovulados (figuras 1*h* y 1*i*) son leñosos y se desarrollan en un año en la mayoría de especies, aunque en *Pinus* tardan de dos o hasta tres años en completar su desarrollo. Se producen dos semillas sobre cada escama ovulífera que a su vez se asocia a una bráctea. La semilla comúnmente presenta un ala, que la ayuda a dispersarse por el viento, aunque a veces esta ala puede ser muy reducida, como en los pinos piñoneros, cuyas semillas son dispersadas por las aves. El número de hojas que surgen al germinar las semillas y que se conocen como cotiledones, es de 2 a 15, excepcionalmente 25 en *Pinus maximartinezii*.

Gernandt, D.S. y S. Ortiz-García. 2016. Pinos (Pinaceae). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 99-105.



Figura 1. Algunos ejemplos de Pinaceae de la Ciudad de México. *a) Abies religiosa*, cerro del Ajusco; *b) Pinus montezumae*, cerca de Parres; *c) Pinus hartwegii*, cerca del Pico de Águila; *d) Pinus montezumae*, cerca de Parres (corteza); *e) Abies religiosa*, Viveros de Coyoacán (rama con acículas); *f) Pinus montezumae*, cerca de Parres (rama con acículas en fascículos); *g) Pinus teocote*, al sur del Xitle (cono polínico); *h) Abies religiosa*, cerro de Ajusco (cono ovulado); *i) Pinus teocote*, al sur del Xitle (cono ovulado). Fotos: David S. Gernandt.

Diversidad y distribución

Abies religiosa (oyamel) y al menos siete especies de *Pinus* (pino) se distribuyen en el paisaje periurbano y natural (Sorani *et al.*, en volumen I) en el sur y suroeste de la Ciudad de México (apéndice 11). Las ocho especies presentes en la entidad representan 13% de las aproximadamente 61 especies de Pinaceae que se distribuyen de manera natural en México (Gernandt y Pérez de la Rosa 2013). Estas especies están distribuidas ampliamente en las zonas montañosas de México y América Central. Tres de ellas: *P. leiophylla*, *P. patula* y *P. teocote*, son endémicas de México; mientras que *P. patula*, que se distingue por su corteza rojiza y acículas colgantes, es al parecer una especie naturalizada en la ciudad que ha sido observada desde hace más de 60 años en Magdalena Contreras y en Álvaro Obregón (Martínez 1948). Un ejemplar colectado en 1939, cerca de Eslava en la Magdalena Contreras y descrito por Maximino Martínez como una forma de *Pinus teocote* (*P. teocote f. quinquefoliata*), posteriormente fue denominado como *P. lawsonii* (Farjon y Styles 1997). Este ejemplar parece corresponder a *P. teocote*, por lo que no se incluye a *P. lawsonii* como una especie distribuida en la ciudad.

Las especies de Pinaceae forman el bosque de coníferas (bosque de pino y bosque de oyamel), y algunos individuos se distribuyen en el bosque mixto y en el Pedregal (Sorani *et al.* en volumen I). Se estima que los bosques de pino cubren 12 885 ha (8.7% del territorio de la Ciudad de México), los bosques de oyamel 5 320 ha (3.6%) y los bosques mixtos 19 083 ha (12.9%) (se pueden consultar descripciones más detalladas en Sorani *et al.*, en volumen I). Estos tres tipos de vegetación son predominantes en la Sierra del Ajusco-Chichinautzin y en la Sierra de las Cruces, ubicadas en el sur y el suroeste de la entidad, en las delegaciones de Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras, Tlalpan y Milpa Alta.

Varias especies de *Pinus* también se encuentran en bosques de encino (*Quercus*), que alcanzan altitudes de 3 100 msnm. Por ejemplo, en el Pedregal de San Ángel, *P. leiophylla* se encuentra en encinares de *Quercus rugosa* y *Q. crassipes* que se distribuyen entre los 2 500 y 2 900 msnm, sobre suelos volcánicos depositados por erupciones del volcán Xitle (Rzedowski 1994).

Los bosques de pino en el sur y el suroeste de la ciudad predominan en altitudes de 2 450 msnm y superiores. Muchos son asociaciones de *Pinus ayacahuite*, *P. montezumae*, *P. hartwegii*, *P. teocote* y *P. patula*, y coexisten con una considerable diversidad de plantas herbáceas y arbustos, en comparación con zonas de mayor altitud. En altitudes mayores se encuentran bosques donde la única especie arbórea es *P. hartwegii*, la cual frecuentemente está asociada con pastizales donde dominan especies herbáceas de los géneros *Muhlenbergia* y *Festuca*. Este pino alcanza el límite arbóreo de muchas montañas en México y América Central. En la cima del volcán Ajusco, que es el punto más alto en la Ciudad de México, *P. hartwegii* se encuentra en altitudes de 3 930 msnm. *Abies religiosa* frecuentemente forma bosques mixtos con diferentes especies de pinos en México. En la cuenca de México, los bosques de oyamel se encuentran en sitios menos expuestos con suelos profundos, a altitudes de entre 2 700 y 3 500 msnm (Rzedowski *et al.* 2001).

Además, muchas especies de Pinaceae se cultivan en viveros, parques y jardines de las zonas urbanas de la cuenca de México, sobre todo de *Pinus*, y en mucho menor grado de *Abies religiosa* y *Cedrus deodara* (cedro del Himalaya) (Martínez González 2008). Algunas especies de *Pinus* muy comunes en los parques y jardines urbanos son *P. radiata* var. *radiata*, originaria de la costa de California en los Estados Unidos, y las especies mexicanas *P. patula*, *P. devoniana*, *P. greggii* y los pinos piñoneros *P. cembroides* y *P. maximartinezii*. El Bosque de Chapultepec, el Bosque de Tlalpan y los Vive-

ros de Coyoacán, entre otros, albergan una diversidad apreciable de especies de Pinaceae.

Importancia

Como componente dominante de muchas regiones boscosas, la familia Pinaceae brinda hábitat a muchas especies de animales, plantas, hongos y bacterias. Asimismo, tiene una influencia importante sobre diversos procesos biogeoquímicos, hidrológicos y climáticos, como en la frecuencia e intensidad de incendios forestales (Farjon 1990, Richardson y Rundell 1998). Los bosques de *Abies* y *Pinus* en la sierra del Ajusco-Chichinautzin y en la sierra de las Cruces de la Ciudad de México, el Estado de México y Morelos se conocen como el "Gran Bosque de Agua", debido a su importancia para la recarga de acuíferos. Esta zona también brinda otros servicios ambientales como captación de CO_2 y partículas suspendidas en el aire, moderación del clima, estabilización de suelos, como barreras contra ruido y viento, y como áreas de alto valor estético y recreativo (Almeida-Leñero *et al*. 2007). Para estos bosques se han designado áreas naturales protegidas, tales como el Parque Nacional Cumbres del Ajusco (Tlalpan), los Bosques de la Cañada de Contreras (que incluye el Parque y Corredor Ecoturístico "Los Dinamos", en Magdalena Contreras), el Parque Nacional Desierto de los Leones (Cuajimalpa y Álvaro Obregón) y el Parque Nacional Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla, mejor conocido como "La Marquesa" (del cual 9% se ubica en Cuajimalpa y el resto en tres municipios del Estado de México).

Pinaceae es la familia de árboles más importante económicamente debido a su aprovechamiento extensivo para madera, celulosa (para elaborar papel), resina, semillas (piñones) y muchos otros productos. Los pinos son la fuente principal de madera blanda a nivel mundial. Más de 75% de la producción maderable en México se basa en *Pinus*, comparado con cerca de 2 a 4% para *Abies*, aunque en la Ciudad de México, *Abies* rebasa a *Pinus* en importancia para la producción de tablones de madera y papel y otros derivados de celulosa (SEMARNAT 2011). La producción maderable de coníferas de la ciudad, entre 1994 y 2011, varió entre 25 y 35 966 m^3 por año, lo cual representó en promedio 0.18% de la producción total del país; de 2009 al 2011 la única extracción reportada en la entidad fue de Magdalena Contreras (1 885 m^3; 61%) y Tlalpan (1 206 m^3; 39%) (INEGI 2012). Históricamente, *Abies* y *Pinus* fueron aprovechados como fuente de material de construcción y grandes fábricas de papel en el siglo XX, como San Rafael, Loreto y Peña Pobre, dependieron de los bosques cercanos como fuente de celulosa; además fueron aprovechados para combustible (leña, carbón y ocote) y para resina (de la Lanza Espino y García-Calderón 2002). El primer vivero forestal mexicano corresponde a los Viveros de Coyoacán, iniciado en 1901 y formalmente fundado en 1907. Actualmente cuenta con 39 ha destinadas a la producción de diferentes especies, entre ellas: *P. ayacahuite*, *P. cembroides*, *P. greggii*, *P. maximartinezii* y *P. montezumae*. Hoy en día, hay viveros de *Abies* y *Pinus* para su comercialización como árboles de navidad (principalmente *P. ayacahuite*, *P. cembroides* y *P. greggii*). También se recolectan hojas de *P. montezumae* para elaborar canastas y conos para adornos navideños.

Amenazas y conservación

Ninguna de las especies de *Abies* y *Pinus* en los bosques de la Ciudad de México se considera rara o amenazada de acuerdo con la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010). Sin embargo, como un tipo de vegetación, estos bosques enfrentan diversas amenazas provocadas por las actividades humanas, principalmente el cambio de uso de suelo, autorizado o ilegal (para establecer viviendas y para cultivos y pastoreo), la tala clandestina, los incendios forestales, la contaminación del aire, agua y suelo, y el cambio climático. Este último

representa un reto importante para muchas especies con ciclos de vida largos que posiblemente no puedan adaptarse a las nuevas condiciones del clima. Los modelos de clima que toman en cuenta diferentes niveles de emisiones de CO_2 y otros gases de invernadero pronostican un aumento de temperatura y una reducción de la precipitación en México para el siglo XXI, lo cual ocasionaría una reducción de cerca de 90% en la extensión de los bosques de coníferas en el Eje Neovolcánico (Rehfeldt y Crookston 2012), según las predicciones más alarmantes.

Los bosques de coníferas en la ciudad están manifestando señales de un deterioro gradual o declinación (Alvarado Rosales y Saavedra Romero 2007). Los síntomas de declinación, que incluyen la reducción en crecimiento, mortalidad de ramas, lesiones, manchas y bandas amarillentas en las acículas, y mayor caída, fueron observados por primera vez en *P. hartwegii*, en el Ajusco, y en *A. religiosa*, en el Desierto de los Leones, durante los años 1970 y 1980 (Krupa y de Bauer 1976, De Bauer y Hernández-Tejeda 1986, 2007, Alvarado Rosales *et al.* 1993). Poco después de los primeros síntomas de estrés en los oyameles del Desierto de los Leones, hubo un aumento en las poblaciones de escarabajos descortezadores, principalmente de la especie *Pseudohylesinus variegatus*, seguido por una mortalidad masiva, dejando muertos en pie, miles de árboles (Alvarado-Rosales y Hernández-Tejeda 2002). Varios estudios señalaron a los niveles elevados de ozono como la causa principal de la declinación en los bosques de la cuenca de México, la cual empeoró con la interacción de diversos factores, como la carencia de manejo forestal, una reducción en la disponibilidad de agua, el ataque por plagas (no sólo descortezadores sino también por hongos patógenos de raíces y muérdago) y niveles altos de contaminantes de aire como el nitrato de peroxiacilo, entre otros (Alvarado Rosales *et al.* 1993). Las especies más sensibles al ozono incluyen *A. religiosa*, *P. hartwegii*, *P. montezumae* y *P. leiophylla*; mientras que *P. ayacahuite* es más resistente (Miller *et al.* 2002).

La deforestación y conversión de suelos para el uso urbano también están reconocidas como amenazas importantes para los bosques en la Ciudad de México, sobre todo si se considera que la tala de bosques a gran escala para satisfacer las demandas de construcción y combustible se aceleró en el siglo XX (Ezcurra *et al.* 2002). Se debe reconocer que una reducción en la cobertura de los bosques representa una pérdida importante en la salud y bienestar de la cuenca de México. Esto tiene efectos negativos en sus habitantes, como un aumento en el escurrimiento de aguas pluviales y en la tasa de erosión, lo que provoca inundaciones, deslaves y una disminución en la captación de CO_2, hecho que afecta la calidad del aire y causa enfermedades respiratorias.

Conclusión

En cuanto a la conservación y la respuesta al cambio climático, se han propuesto varias estrategias para proteger los bosques con alcance local e internacional. Para proteger los bosques de coníferas de la Ciudad de México, sería de gran ayuda contar con una mejor zonificación —respaldada por la aplicación de la ley— de áreas ecológicamente sensibles, como la cuenca del río Eslava, al sur de la ciudad, en las delegaciones de Magdalena Contreras y Tlalpan (Chávez Cortés y García Calva 2011).

El proyecto federal de Pago por Servicios Ambientales Hidrológicos (conocido anteriormente como ProÁrbol y actualmente como PRONAFOR), administrado por la Comisión Nacional Forestal, ha promovido la reforestación con *A. religiosa* y *Pinus* spp. entre otras especies. En 2009 se reportaron 220 mil árboles plantados, casi la mitad de estos en Milpa Alta (INEGI 2012). Algunas de las especies sembradas en programas de reforestación, como *P. greggii*, no son nativas de los bosques de la ciudad, sino de otras regiones de México. Aunque esto tiene aspectos negativos, repre-

senta un compromiso viable dado que la siembra de parientes cercanos con mayor resistencia a climas más cálidos y secos puede preservar el aspecto original de los bosques ante el cambio climático previsto para la región, lo cual es mucho mejor que sembrar árboles no nativos del país, como los eucaliptos. Otra solución de manejo que toma en cuenta las necesidades de adaptación climática es la denominada *migración asistida*, la cual propone la translocación gradual de especies sensibles, como *A. religiosa*, a altitudes mayores (Sáenz-Romero *et al*. 2012). Estas acciones requieren monitoreo y evaluación continua para validar su efectividad. Finalmente, hay que identificar y estudiar el conjunto de genes que brindan resistencia a la sequía y temperaturas elevadas, tanto en la familia Pinaceae como en otros organismos, esto con el fin desarrollar estrategias eficaces para su manejo sustentable y su conservación.

Referencias

Almeida-Leñero, L., M. Nava, A. Ramos, *et al.* 2007. Servicios ecosistémicos en la cuenca del río Magdalena, Distrito Federal, México. *Gaceta Ecológica número especial* 84-85:53-64.

Alvarado-Rosales, D., L.I. de Bauer y J. Galindo-Alonso. 1993. Decline of sacred fir (*Abies religiosa*) in a forest park south of Mexico City. *Environmental Pollution* 80:115-121.

Alvarado-Rosales, D. y T. Hernández-Tejeda. 2002. Decline of sacred fir in the Desierto de los Leones National Park. Pp. 243-260 En: *Urban air pollution and forests: resources at risk in the Mexico City air basin*. M.E. Fenn, L.I. Bauer y T. Hernández-Tejeda (eds.). Springer-Verlag, Nueva York.

Alvarado-Rosales, D. y L. de L. Saavedra-Romero. 2007. Declinación de oyamel. Pp. 444-447. En: *Enfermedades forestales en México*. D. Cibrían Tovar, D. Alvardo Rosales y S. E. García Días (eds.). Universidad Autónoma Chapingo, CONAFOR-SEMARNAT, USDA Forest Service, NRCAN Forest Service, COFAN, FAO, Chapingo.

Chávez Cortés, M.M. y L. García Calva. 2011. Zonificación territorial de la cuenca del Río Eslava, D.F., a partir de la identificación de áreas ecológicamente sensibles. *Revista Sociedades Rurales Producción y Medio Ambiente* 22:17-52.

De Bauer, L.I. y T. Hernández-Tejeda. 1986. *Contaminación: una amenaza para la vegetación en México*. Colegio de Postgraduados, Chapingo.

——. 2007. A review of ozone-induced effects on the forests of central Mexico. *Environmental Pollution* 147:446-453.

De la Lanza Espino, G. y J.L. García-Calderón. 2002. Historical summary of the geological, climate, hydrology, culture, and natural resource utilization in the Basin of Mexico. Pp. 3-23. En: *Urban air pollution and forests: resources at risk in the Mexico City air basin.* M.E. Fenn, L.I. Bauer y T. Hernández-Tejeda (eds.). Springer-Verlag, Nueva York.

Ezcurra, E., M. Mazari-Hiriart, I. Pisanty y A. Guillermo Aguilar. 2002. Socioeconomic change and its impact on forest resources in the Basin of Mexico. Pp. 24-43 En: *Urban air pollution and forests: resources at risk in the Mexico City air basin.* M.E. Fenn, L.I. Bauer y T. Hernández-Tejeda (eds.). Springer-Verlag, Nueva York.

Farjon, A. 1990. *Pinaceae: drawings and descriptions of the genera: Abies, Cedrus, Pseudolarix, Keteleeria, Nothotsuga, Tsuga, Cathaya, Pseudotsuga, Larix* and *Picea*. Költz Scientific, Königstein.

——. 2010. A handbook of the world's conifers. Brill, Leiden y Boston.

Farjon, A. y B.T. Styles. 1997. *Pinus* (Pinaceae). Flora Neotropica Monograph 75. The New York Botanical Garden, Bronx, Nueva York.

Gernandt, D.S. y J.A. Pérez de la Rosa. 2013. Biodiversidad de Pinophyta (coníferas) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 85:S126-S133.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2012. México en Cifras. En: *<http://www3.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?e=9>*, última consulta: 12 de noviembre de 2012.

Krupa, S.V. y L.I. de Bauer. 1976. La ciudad daña los pinos de Ajusco. *Panagfa* 4:5-7.

Martínez, M. 1948. *Los pinos mexicanos.* Segunda edición. Ediciones Botas, México.

Martínez González, L. 2008. *Árboles y áreas verdes urbanas de la Ciudad de México y su zona metropolitana.* Fundación Xochitla A.C. y CONABIO, México.

Miller, P.R., L.I. de Bauer y T. Hernández Tejeda. 2002. Oxidant exposure and effects on pines in forest in the Mexico City and Los Angeles, California, air basins. pp. 225-242. En: *Urban air pollution and forests: resources at risk in the Mexico City air basin.* M.E. Fenn, L.I. Bauer y T. Hernández-Tejeda (eds.). Springer-Verlag, Nueva York.

Rehfeldt, G.E. y N.L. Crookston. 2012. North American vegetation model for land-use planning in a changing climate: a solution to large classification problems. *Ecological Applications* 22:119-141.

Richardson, D.M. y P.W. Rundell. 1998. Ecology and biogeography of Pinus: an introduction. pp. 3-46. En: *Ecology and Biogeography of* Pinus. D.M. Richardson (ed.). Cambridge University Press, Cambridge.

Rzedowski, J. 1994. Vegetación del Pedregal de San Ángel. pp. 9-64. En: *Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo.* A.C. Rojo (ed.). UNAM, México D.F.

Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowski, *et al.* 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México.* 2ª Edición. INECOL/CONABIO, Pátzcuaro, México.

Sáenz-Romero, C., G.E. Rehfeldt, P. Duval y R.A. Lindig-Cisneros. 2012. *Abies religiosa* habitat prediction in climatic change scenarios and implications for monarch butterfly conservation in Mexico. *Forest Ecology and Management* 275:98-106.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

——. 2011. Anuario estadístico de la producción forestal 2009. Dirección General de Gestión Forestal y de Suelos y SEMARNAT.

Encinos (Fagaceae)

Zenón Cano Santana
Ariana Romero Mata

Brotas derecha o torcida
con esa humildad que cede
sólo a la ley de la vida,
que es vivir como se puede.

Del poema "Las encinas"
de Antonio Machado

Descripción

Las fagáceas (familia Fagaceae) son arbustos y árboles representados en México por los encinos (género *Quercus*) y la haya mexicana (*Fagus grandifolia* var. *mexicana*. En la Ciudad de México sólo hay encinos, los cuales se reconocen por sus hojas duras, sus flores masculinas agregadas en estructuras colgantes (llamadas amentos) y porque sus frutos (llamados bellotas) son nueces caracterizadas por tener una cúpula (como un capuchón) revestida con escamas en su parte basal (Zomlefer 1994, Espinosa 2001). Las fagáceas son plantas leñosas que incluyen árboles como el alcornoque (*Quercus suber*), otros encinos (*Quercus* spp.), las hayas (*Fagus* spp.) y los castaños (*Castanea* spp.). Tienen hojas simples y alternas que, por lo general, presentan agregaciones de flores masculinas colgantes en amentos (figura 1) y flores femeninas solitarias poco vistosas polinizadas por viento (Espinosa 2001, Glimn-Lacy y Kaufman 2006). Su fruto es una nuez encerrada total o parcialmente en una cúpula que, según el género, se llama bellota (en los encinos), castaña (en los castaños) y hayuco (en las hayas; Zomlefer 1994). Se dividen en dos subfamilias: Castaneoideae, que incluye a los géneros *Castanea*, *Castanopsis*, *Chrysolepis* y *Lithocarpus*, y Fagoideae, que comprende *Fagus*, *Quercus*, *Trigonobalanus*, *Colombobalanus* y *Formanodendron* (Romero y Rojas 2009).



Figura 1. Encino (*Quercus ilex*) con amentos. Foto: Jan De Laet (*plantsystematics*.org).

Cano-Santana, Z. y A. Romero-Mata. 2016. Encinos (Fagaceae). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 106-121.

Las plantas del género *Quercus* son conocidas comúnmente como encinos, robles, belloteros o encinas (Zavala 1995). Generalmente son árboles de madera dura de 15 a 60 m de altura, aunque en la cuenca de México difícilmente rebasan los 20 m, y en algunos sitios son arbustos de 0.5 a 3 m de altura. Algunas especies pierden la mayoría de sus hojas durante una época del año (caducifolios), mientras que otros permanecen con hojas todo el año (perennifolios) (Zavala 1989, Valencia 1995, Espinosa 2001, Glimn-Lacy y Kaufman 2006). Las hojas tienen una textura dura similar al cuero (coriáceas) y varían mucho en su forma, especialmente en la punta (Arizaga *et al.* 2009), y en el número de nervaduras (Zavala 1989). Las flores masculinas y femeninas están presentes en el mismo árbol (Glimn-Lacy y Kaufman 2006); cada flor masculina puede tener entre cuatro y 12 estambres y se reúnen en visibles amentos, en tanto que las femeninas son solitarias o están en pequeños grupos y son casi imperceptibles a simple vista por su tamaño (Valencia 1995, Arizaga *et al.* 2009). El género se divide en tres secciones: *Lobatae* o *Erytrobalanus* (encinos rojos), *Protobalanus* (encinos intermedios) y *Quercus* o *Lepidobalanus* (encinos blancos; Mora 2006). Los encinos presentan altos niveles de variación genética y alta capacidad para producir híbridos entre especies (Bonfil 1993, Valencia-Cuevas *et al.* 2014), por lo que los árboles de una misma especie pueden ser muy distintos entre sí aunque vivan en la misma localidad.

Diversidad

Existen aproximadamente 1 000 especies de fagáceas (Kremer *et al.* 2007) distribuidas en todo el mundo, excepto en África tropical (Romero y Rojas 2009). En el caso de los encinos, en el mundo existen aproximadamente 531 especies (López 2004). México es el país con mayor número de especies de encinos en todo el mundo (Romero y Rojas 2009), con un registro de 180 especies de fagáceas divididas en 179 del género *Quercus* y una del género *Fagus* (Valencia y Flores-Franco 2006). De ellas, son endémicas de México 109 especies de encinos (Valencia 2004) y el haya mexicana (*F. grandifolia* subsp. *mexicana*), que se distribuye únicamente en Tamaulipas, San Luis Potosí, Querétaro, Hidalgo, Puebla y Veracruz (Téllez-Valdés *et al.* 2006). El país registra especies en las tres secciones conocidas (*Lobatae*, 90 especies; *Quercus*, 85, y *Protobalanus*, cuatro; Valencia y Flores-Franco 2006). Lo anterior está estrechamente relacionado con que México es un centro donde se han originado muchas especies de encinos debido a su orografía, clima e historia geológica (Rzedowski 1978).

En la Ciudad de México se han encontrado 16 especies de fagáceas, todas pertenecientes al género *Quercus*, de las cuales 13 son endémicas del país (Valencia y Flores-Franco 2006, Rivera y Espinosa 2007, Romero y Rojas 2009; apéndice 12). Nueve especies se incluyen dentro de los encinos blancos, siete dentro de los encinos rojos y ninguna entre los intermedios (apéndice 12).

Las 16 especies representan 8.89% de las especies de fagáceas y 8.94% de las del género *Quercus* que se registran en el país, ubicando a la entidad en el lugar número 21 a nivel nacional en cuanto a su riqueza de fagáceas, muy por debajo de Oaxaca, Jalisco y Nuevo León, que son las entidades que presentan la mayor riqueza de especies de esta familia, con 48, 46 y 41 especies, respectivamente (figura 2). En cuanto a la Ciudad de México, es importante que en el futuro se corrobore la existencia de *Q. glaucoides*, *Q. microphylla* y *Q. diversifolia*, ya que las primeras dos no son reconocidas por Valencia y Franco (2006), pero sí por Rivera y Espinosa (2007), en tanto que lo opuesto ocurre con la tercera especie.

Distribución

El género *Quercus* se encuentra en climas templados y en algunas regiones tropicales y

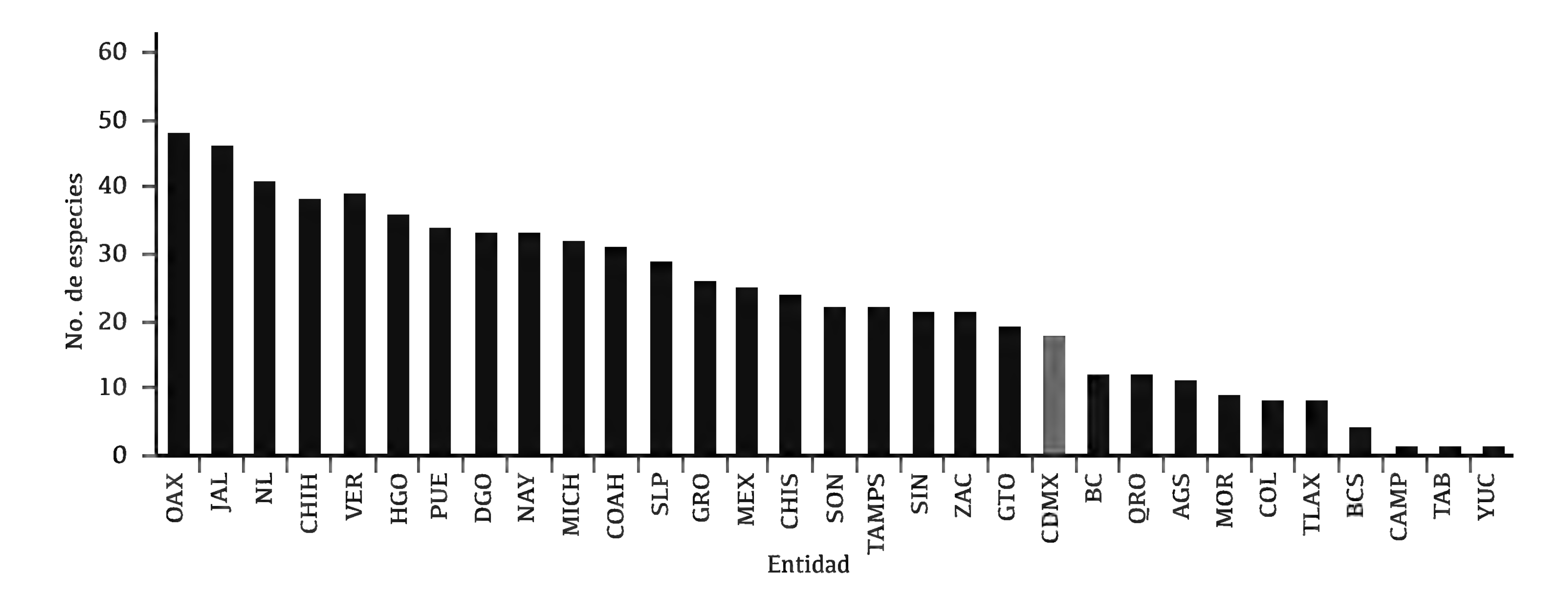


Figura 2. Número de especies de fagáceas registradas en cada entidad federativa de México. Fuente: elaboración propia con los datos para encinos (*Quercus*) de Valencia y Flores-Franco 2006, los de Téllez-Valdés *et al.* 2006 para *Fagus grandifolia*, y los obtenidos en este estudio para la Ciudad de México.

subtropicales del hemisferio norte, aunque también existen algunas especies en ambientes secos el sureste de Asia y el nororiente de África (Valencia 2004). En México se distribuye en todos los estados, excepto en Quintana Roo (Valencia y Flores-Franco 2006; figura 2), principalmente en zonas montañosas, como la Sierra Madre Oriental y Occidental, la Faja Volcánica Transmexicana y las sierras del norte de Oaxaca, de Chiapas y de Baja California (Lesur 2011).

Los encinos tienen una amplia distribución en la capital del país (cuadro 1) y *Q. rugosa* es la especie más abundante (Martínez 2008, figura 3). Se distribuyen en las zonas urbanas y en diferentes tipos de vegetación natural, entre los que se encuentran los bosques de encino (o encinares), de pino (*Pinus* spp.), de oyamel (*Abies religiosa*) o mesófilos, los bosques mixtos de pino-encino y de oyamel-encino, los matorrales y los pastizales (Espinosa 2001, Rivera y Espinosa 2007, Hernández 2009).

Las especies que componen los bosques de encinos varían altitudinalmente (Rzedowski 2001) del modo siguiente: por debajo de los 2 500 msnm, dominan *Q. laeta*, *Q. deserticola*, *Q. crassipes* y *Q. obtusata*; de los 2 500 a los 2 800, es frecuente encontrar *Q. rugosa*, solo o asociado a *Q. mexicana* o *Q. crassipes*, y algunas especies de pinos; mientras que entre los 2 800 y 3 100 msnm, es frecuente el encinar de *Q. laurina*, asociado a veces con *Q. crassifolia*, *Q. rugosa*, oyameles, enebros (*Juniperus* spp.) o pinos.

Los bosques de encino se localizan principalmente en la región de Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, aunque también se registran en Bosques y Cañadas, en la Sierra de Guadalupe y en Parques y Jardines Urbanos, en las delegaciones Cuajimalpa, Álvaro Obregón, Magdalena Contreras, Tlalpan, Milpa Alta, Xochimilco y Gustavo A. Madero (García-Sánchez 2007, Rivera y Espinosa 2007; figura 4, cuadro 1). Estos encinares a menudo contienen ciertos individuos de pino (*Pinus montezumae* y *P. teocote*), ciprés (*Cupressus* spp.), tepozanes (*Buddleja cordata*) o árboles introducidos de eucalipto (*Eucalyptus* spp., principalmente *E. camaldulensis*) (Cabrera 1995, Cano-Santana *et al.* 2006). En la Ciudad de México, los encinares se encuentran en sitios que tienen una precipitación de entre los 600 y 1 200 mm de agua, en zonas de pendientes pronunciadas, y entre 2 300 y 3 000 msnm (INEGI 2005), aunque algunos encinares de Milpa Alta y Tlalpan llegan a los 3 300 msnm (Rivera y Espinosa 2007).

Cuadro 1. Distribución de los tipos de vegetación que contienen encinos (*Quercus*) en la Ciudad de México. Se mencionan las especies que se registran en cada localidad, así como las especies acompañantes.

Sitio[1]	Región[2]	Especies presentes	Delegación	Referencia
Bosques de encinos (*Quercus*)				
ANP PECM Y ANP Ecoguardas	SXyMA	*Q. laeta*, *Q. crassipes*, *Q. castanea*, *Q. rugosa*	Tlalpan	GDF 2011
Barranca de Tarango	PyJU	*Q. rugosa*, *Q. obtusata*, *Q. castanea*, *Q. crassipes*, *Q. mexicana*, *Arbutus xalapensis* (madroño)	Álvaro Obregón	Hernández-García 2011
ANP La Loma	PyJU	*Q. castanea*, *Q. crassipes*, *Q. laeta*, *Q. laurina*, *Q. rugosa*	Tlalpan	GDF 2012
ANP Los Encinos y terrenos adyacentes	PyJU	*Q. laeta*, *Q. crassipes*, *Q. castanea*, *Q. rugosa*	Tlalpan	Cano-Santana *et al.* 1999
ANP Bosque de Tlalpan	PyJU	*Q. laeta*, *Q. crassipes*, *Q. castanea*, *Q. mexicana*, *Q. laurina*, *Q. rugosa*	Tlalpan	GDF 2011
ANP Sierra de Guadalupe	Sierra de Guadalupe	*Q. rugosa*, *Q. deserticola*	Gustavo A. Madero	Cedillo y Rivas 2011
Bosques de pino (*Pinus*)-encino				
ACCE Milpa Alta	ByC	*P. hartwegii*, *Q. laurina*	Milpa Alta	SMA 2012
ANP PECM y REC San Andrés Totoltepec	SXyMA	*P. montezumae*, *P. teocote*, *Q. rugosa*, *Q. laurina*, *Arbustus xalapensis* y *Alnus jorullensis* subsp. *jorullensis* (aile)	Tlalpan	SMA 2012
Bosques de oyamel (*Abies*)-encino				
ANP San Nicolás Totolapan	ByC	*A. religiosa*, *Q. rugosa*	Magdalena Contreras y Tlalpan	SMA 2012
Cuenca del Río Magdalena	ByC	*A. religiosa*, *Q. laurina*	Magdalena Contreras	Hernández 2009
Matorral xerófilo de palo loco (*Pittocaulon praecox*)				
REPSA	PyJU	*Q. deserticola*, *P. praecox*, *Buddleja cordata* (tepozán)	Coyoacán	Castillo-Argüero *et al.* 2009
Matorral xerófilo				
Cañada de los Dinamos	ByC	*Q. laurina*	Magdalena Contreras	Rivera y Espinosa 2007
ANP Sierra de Guadalupe	Sierra de Guadalupe	*Q. frutex*	Gustavo A. Madero	Rivera y Espinosa 2007
ANP Cerro de la Estrella	Sierra de Santa Catarina	*Q. frutex*	Iztapalapa	Rivera y Espinosa 2007
Individuos aislados (zonas urbanas)				
Bosque de Chapultepec	PyJU	*Q. rugosa*	Miguel Hidalgo	Benavides *et al.* 2009
Ciudad Deportiva Magdalena Mixihuca	PyJU	*Q. rugosa*	Iztacalco	Bastida y Calderón 2001
Camellones, parques y jardines	PyJU y otras	*Q. rugosa*	Zonas urbanas de las 16 delegaciones	Bastida y Calderón 2001, Martínez 2008

[1] ACCE: Área Comunitaria de Conservación Ecológica; ANP: área natural protegida; PECM: Parque Ecológico de la Ciudad de México; REPSA: Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria; REC: Reserva Ecológica Comunitaria.
[2] ByC: Bosques y Cañadas; PyJU: Parques y Jardines Urbanos; SXyMA: Serranías de Xochimilco y Milpa Alta.
Fuente: elaborado por los autores con información de Martínez 2008.



Figura 3. Hojas jóvenes y frutos (bellotas) de *Quercus rugosa*. Foto: Guillermo Ibarra/Banco de imágenes CONABIO.

Los bosques mixtos de pino-encino se encuentran en la región de Bosques y Cañadas, así como en las Serranías de Xochimiclo y Milpa Alta (cuadro 1; figura 4). Actualmente los bosques mixtos de pino-encino se encuentran distribuidos principalmente en las delegaciones Tlalpan y Milpa Alta, aunque también se distribuyen en Cuajimalpa, Magdalena Contreras y Álvaro Obregón (García-Sánchez 2007, SMA 2012; figura 4).

Por otro lado, los matorrales donde se ubican los encinos se distribuyen en las regiones Parques y Jardines Urbanos, Bosques y Cañadas, Sierra de Guadalupe y Sierra de Santa Catarina (cuadro 1). Las especies de encinos registradas en estos matorrales son: *Q. deserticola*, *Q. frutex*, *Q. glaucoides*, *Q. laeta* y *Q. obtusata* (Espinosa 2001). Finalmente, los encinos en bosques mesófilos registrados por Rivera y Espinosa (2007) son *Q. rugosa* y *Q. laurina*. Este tipo de bosques se distribuye en una superficie muy reducida de la entidad en lugares húmedos y sombreados, en la cañada de los Dinamos y Desierto de los Leones, ambas localizadas en la región Bosques y Cañadas, así como en el Parque Ecológico de la Ciudad de México (región Serranías de Xochimilco y Milpa Alta; Rivera y Espinosa 2007).

Importancia y usos

Los encinos tienen una gran importancia económica, cultural, medicinal y alimentaria y, además, poseen una gran capacidad para proteger, albergar y alimentar a diversos organismos; intervienen en la captación de agua y en la formación de suelos. Asimismo, conforman bosques y matorrales naturales que ofrecen valiosos, variados y vitales servicios ambientales (Luna-José *et al.* 2003, Romero y Rojas 2009, Saénz-Jiménez 2010).

Importancia ecológica

Los encinos ofrecen sombra y condiciones adecuadas para que bajo su copa se protejan hierbas y plantas leñosas recién germinadas (Valencia y Nixon 2004). Las raíces de los encinos mantienen relaciones de cooperación mutua con hongos, formando estructuras



SIMBOLOGÍA

Límite delegacional

Distribución de los bosques de encino

- Bosque de encino
- Bosque mixto (pino-encino, encino-pino)

Región de biodiversidad

- Bosques y Cañadas
- Humedales de Xochimilco y Tláhuac
- Parques y Jardines Urbanos
- Serranías de Xochimilco y Milpa Alta
- Sierra de Guadalupe
- Sierra de Santa Catarina

Figura 4. Distribución de los bosques de encino y los bosques mixtos de pino-encino en las distintas regiones y delegaciones de la Ciudad de México. Fuente: García-Sánchez 2007, Rivera y Espinosa 2007.

llamadas micorrizas (Mendoza-Díaz *et al.* 2006). En éstas los hongos hacen más eficiente la toma de nutrientes del suelo a través de las raíces; a cambio, las plantas les ofrecen alimento.

Las partes aéreas de los encinos constituyen el hábitat o parte del hábitat de aves, reptiles, artrópodos, líquenes, musgos, helechos, bromelias (*Tillandsia* spp.) y orquídeas (Morris y Perring 1974, Rzedowski 1978, Bonfil 1993, Cabrera 1995, Tovar-Sánchez *et al.* 2003, Valencia 2014). A partir de estudios en el centro de México, se sabe que algunas especies de encinos pueden albergar en su follaje entre 54 y 258 especies de artrópodos (Tovar-Sánchez *et al.* 2003). Particularmente, los encinos mantienen una estrecha relación con avispas formadoras de agallas de las familias Chalcidae, Symphytae y Cynipidae, así como con mariposas minadoras de hojas de las familias Nepticulidae y Gracilariidae, de modo que cada especie de encino tiene asociadas sólo determinadas especies de herbívoros de estos grupos (Tovar-Sánchez 2004).

Las agallas son tumores que forman estructuras de distintas formas (esféricas, en forma de plato, candelabro, etc.) debido al crecimiento anormal de los tejidos de los encinos en respuesta al ataque de los insectos y otros enemigos naturales (Darlington 1974). Estas estructuras constituyen por sí mismas un recurso para varias especies de artrópodos y hongos, que las usan de alimento o como sitio de protección (Wilson 1995, Sanver y Hawkins 2000, Z. Cano-Santana com. pers.).

La estrecha relación que mantienen los encinos con una gran diversidad de organismos ha llevado a que sean considerados especies fundadoras (Tovar-Sánchez *et al.* 2013), es decir, capaces de crear condiciones ambientales estables para otras especies, modulando y estabilizando los procesos de los ecosistemas (Dayton 1972). Este rol se potencia debido a que los encinos son formadores de suelos, favorecedores de la infiltración de grandes cantidades de agua que recargan los mantos acuíferos y reguladores de incendios (Robledo 1997, Romero y Rojas 2009).

Los encinos son especies dominantes en bosques de encino (o encinares) y pino-encino, los cuales ofrecen valiosos servicios ambientales, como la formación de suelo y la recarga de mantos acuíferos (Hoth 2012). En particular, los encinares son un tipo de bosques que dan refugio a una gran diversidad de organismos, como musgos, hongos y animales, tanto vertebrados como invertebrados (Cárdenas 1995, 2000, Cano Santana *et al.* 1999, García y Garza 2001). Se ha visto que los hongos registran una alta diversidad en los encinares de una región (véase Watling 1974 y Pardavé *et al.* 2007); por ejemplo, en México los hongos de la familia Boletaceae registran su mayor diversidad en los bosques de encinos (García y Garza 2001). Esta estrecha relación se debe a las micorrizas que conforman los hongos con las raíces de los encinos (véanse Watling 1974 y Mendoza-Díaz *et al.* 2006). Por otro lado, en los bosques de la Ciudad de México, donde dominan los encinos viven 59 especies de mamíferos (42 en encinares y 32 en bosques mixtos de pino y encino; cuadro 2), y tan sólo en Ecoguardas y el Parque Ecológico de la Ciudad de México —que mantienen una superficie importante de encinares— se han registrado 104 especies de aves (Cabrera 1995). Se calcula que en el predio Los Encinos (que alberga el ANP del mismo nombre), dominado por bosques de *Quercus*, viven 1 000 especies de artrópodos, una especie de salamandra, 10 especies de reptiles, 26 de mamíferos y 135 de aves (Cano-Santana *et al.* 1999).

Por todo lo anterior, la protección, conservación y restauración de este tipo de bosques en la entidad deben ser actividades prioritarias (véase Cano-Santana *et al.* 2006).

Importancia económica y cultural

Los encinos son relevantes a nivel mundial por la explotación de su madera de alta calidad, dado que ésta es rígida, durable,

Cuadro 2. Mamíferos de la Ciudad de México que habitan en bosques de encino (BE) y pino-encino (BPE; incluye encino-pino).

Orden	Nombre común	Especie	BE	BPE
Xenarthra	Armadillo	*Dasypus novemcinctus*	•	
Artiodactyla	Venado cola blanca	*Odocoileus virginianus mexicanus*	•	
Carnivora	Lince	*Lynx rufus*	•	
	Comadreja	*Mustela frenata*	•	
	Cacomixtle	*Bassariscus astutus astutus*	•	
	Tejón	*Nasua narica*		•
	Mapache	*Procyon lotor hernandezii*	•	•
	Tlalcoyote	*Taxidea taxus berlandieri*		•
	Zorrillo	*Conepatus leuconotus*	•	
	Zorrillo manchado	*Spilogale gracilis*		•
Chiroptera	Murciélago	*Mormoops megalophylla megalophylla*	•	
	Murciélago	*Macrotus waterhousii*		•
	Murciélago	*Anoura geoffroyi lasiopyga*	•	
	Murciélago	*Choeronycteris mexicana*	•	
	Murciélago	*Leptonycteris nivalis*	•	•
	Murciélago	*L. yerbabuenae*	•	•
	Murciélago	*Artibeus lituratus*		•
	Murciélago	*Dermanura azteca azteca (=Artibeus aztecus aztecus)*	•	
	Murciélago	*Natalus mexicanus (N. stramineus saturatus)*	•	
	Murciélago	*Myotis californicus mexicanus*	•	•
	Murciélago	*M. occultus*		•
	Murciélago	*M. velifer*	•	
	Murciélago	*M. volans amotus*	•	•
	Murciélago	*Corynorhinus mexicanus (= Plecotus mexicanus)*	•	•
	Murciélago	*C. townsendii*	•	
	Murciélago	*Eptesicus fuscus*	•	
	Murciélago	*Idionycteris phyllotis*		•
	Murciélago	*Lasiurus cinereus*		•
	Murciélago	*L. intermedius*		•
	Murciélago guanero	*Tadarida brasiliensis mexicana*	•	•
	Murciélago	*Eumops underwoodi underwoodi (= E. underwoodii uderwoodii)*		•
	Murciélago	*Molossus aztecus (=M. molossus aztecus)*	•	•
	Murciélago	*M. rufus*	•	
Insectivora	Musaraña	*Sorex oreopolus (= S. o. ventralis)*	•	
	Musaraña	*Cryptotis alticola (= C. goldmani alticola)*	•	•
	Musaraña	*C. parva*	•	•
Lagomorpha	Conejo zacatuche	*Romerolagus diazi*	•	
	Conejo	*Sylvilagus cunicularius*	•	
	Conejo castellano	*S. floridanus orizabae*	•	

Cuadro 2. Continuación.

Orden	Nombre común	Especie	BE	BPE
Rodentia	Ardilla	*Sciurus aureogaster nigrescens*	●	●
	Ardilla	*S. oculatus oculatus*	●	
	Ardillón	*Otospermophilus variegatus variegatus (Spermophilus variegatus variegatus)*	●	
	Tuza	*Cratogeomys merriami*	●	
	Tuza	*Thomomys umbrinus*	●	
	Metorito	*Microtus mexicanus mexicanus*	●	●
	Rata magueyera	*Neotoma mexicana torquata*	●	
	Ratón de los volcanes	*Neotomodon alstoni*	●	
	Rata arrocera	*Oryzomys fulgens (=O. palustris crinitus)*	●	●
	Rata algodonera	*Sigmodon leucotis leucotis*		●
	Ratón espinoso	*Heteromys irroratus alleni (Liomys irroratus alleni)*	●	●
	Ratón	*Reithrodontomys chrysopsis chrysopsis*		●
	Ratón	*R. fulvescens*		●
	Ratón	*R. megalotis*		●
	Ratón	*R. microdon*		●
	Ratón	*R. sumichrasti sumichrasti*	●	
	Ratón	*Peromyscus hylocetes*	●	●
	Ratón	*Peromyscus levipes (= P. boylii levipes)*		●
	Ratón piñonero	*P. gratus (= P. truei gratus)*		●
	Ratón	*P. difficilis felipensis*	●	
Total		59	42	16

Fuentes: Ceballos y Galindo 1984 y Ceballos y Oliva 2005. Los nombres entre paréntesis son nombres sinónimos registrados en Ceballos y Galindo 1984.

resistente y versátil en el acabado (González 1986). Por otro lado, los taninos obtenidos de la corteza y las agallas de los encinos son utilizados para curtir pieles (Martínez 2008), en tanto que en Europa, de la corteza del alcornoque (Q. *suber*) se obtiene el corcho, utilizado para elaborar una multitud de productos como tapones, flotadores, chalecos salvavidas, material aislante térmico y acústico, corcholatas y pisos (Hill 1965).

Actualmente, en México la madera de encino ocupa el segundo lugar de aprovechamiento, después del pino (Corona 2011). Ésta es utilizada en la fabricación de recipientes, pisos, chapas, embarcaciones, muebles, mangos de herramientas, instrumentos musicales, tacones de zapatos y platos, y su pulpa se usa para fabricar papel (Luna-José *et al*. 2003, Romero y Rojas 2009). No obstante, la mayor importancia económica de los encinos en México se debe a su uso como combustible en forma de leña y carbón (López 2004), aunque sus partes no leñosas son utilizadas como medicina, alimento, forraje, material para elaborar artesanías o extraer taninos y colorantes (Luna-José *et al*. 2003), pues todas las partes de los encinos son útiles (Romero y Rojas 2009).

Las artesanías se pueden elaborar con hojas, bellotas y agallas; con las bellotas se elaboran rosarios, aretes, cuadros, cestos, juguetes y collares, en tanto que las agallas y las hojas se usan para hacer ornamentos en arreglos florales (Luna-José *et al*. 2003). Asimismo, de la corteza se extraen taninos para curtir pieles o teñir fibras de color anaranjado (Luna-José *et al*. 2003).

El uso de los encinos en la Ciudad de México se remonta a la época prehispánica. Los aztecas conocían a estos árboles como *huicahoatl* y utilizaban su madera como material para construcción (Hernández 1577), uso que se mantuvo durante la época colonial (Ezcurra *et al.* 2002), cuando también se usó como fuente de carbón (Martínez y Chacalo 1994). A mediados del siglo xx, los encinos se utilizaron como materia prima para fabricar papel en Loreto (delegación Álvaro Obregón) y Peña Pobre (delegación Tlalpan; Ezcurra *et al.* 2002). Actualmente, se usa la hojarasca de *Q. rugosa* para producir "tierra de hoja", apreciada para el cultivo de plantas ornamentales (Martínez 2008), mientras que las hojas pintadas de encino se usan para elaborar coronas que se venden en el mercado de Jamaica (delegación Venustiano Carranza; A. Romero-Mata obs. pers.); en tanto que en Xochimilco, se usan las bellotas para elaborar adornos navideños (Luna-José *et al.* 2003). Algunos habitantes de la delegación Xochimilco usan la madera de encino para la construcción y para la elaboración de trompos y baleros, que son vendidos en el mercado de Nativitas (Zavaleta y Ramos 1999, A. Romero-Mata obs. pers.).

Importancia medicinal

En México, los encinos son utilizados para tratar de manera tradicional al menos 38 enfermedades, ya sea de la boca (p. ej., dolor de muelas), del aparato digestivo (diarrea y acedías), de la piel (caída del cabello), de los aparatos reproductor (hemorragias vaginales), urinario (mal de orín), respiratorio (tos), circulatorio; del sistema nervioso y del sistema muscular, incluyendo su uso para tratar la diabetes (Luna-José *et al.* 2003). Las flores se usan como antiespasmódicos contra vértigos y epilepsias (Romero 1993). La corteza es usada en el tratamiento de hemorragias y contra la diarrea, y se cree que tiene potencial para el tratamiento del cáncer de estómago e intestinos (Pérez 1986). Asimismo, se usa para lavar y desinfectar heridas, llagas y granos con pus, para hacer lavados vaginales y para tratar la gastritis (Mata 2009). También se usa para reducir inflamaciones de la piel producidas por picaduras de insectos (Martínez 2008). Por otra parte, las hojas de los encinos se hierven y se usan para expulsar la placenta, y las ramas se emplean para darse un baño después del parto (Mata 2009).

En el sur de la capital, se utiliza el tallo, las hojas, las raíces y las inflorescencias de *Q. laurina* y *Q. rugosa* para uso medicinal (Aranda *et al.* 1999). Los habitantes de las delegaciones Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa usan la corteza de *Q. crassipes* en la medicina tradicional para combatir enfermedades bucales infecciosas (Hernández 2009). Los habitantes de San Lorenzo Acopilco (delegación Cuajimalpa), usan a *Q. lanceolata* para controlar anginas, ronquera y aflojamiento de dientes (Pérez 1986). También se ha registrado que los herbolarios de los mercados de Sonora y Jamaica recomiendan hervir gordolobo (*Gnaphalium viscosum*) con pedacitos de corteza de encino para hacer gárgaras, esto con el fin de desinfectar la garganta y desinflamar las anginas (Cervantes 1981).

Importancia alimentaria

En México, tienen importancia alimentaria la corteza, las bellotas, las yemas de las hojas, las hojas tiernas, las agallas y las flores de los encinos (Luna-José *et al.* 2003). Las flores de *Q. crassipes* se hierven y capean con huevo; las hojas tiernas cocidas de algunas especies se mezclan con harina para hacer tortillas; las bellotas pueden consumirse directamente, y con ellas se hace una harina para tortillas, pan, galletas, tesgüino, tamales, pinole y atole; en tanto que la corteza es utilizada para fermentar bebidas de maíz y de agave (Romero 1993, Luna-José *et al.* 2003, Romero y Rojas 2009).

Las bellotas de algunos encinos se utilizan en el país para alimentar cerdos, gallinas y

conejos, mientras que las hojas se usan para alimentar cabras y burros (Luna-José *et al.* 2003, Romero y Rojas 2009).

Situación y estado de conservación actual

Los bosques de encino y pino-encino se han ido reduciendo desde la época de los aztecas hasta la fecha (Martínez y Chacalo 1994). En 1973, solamente en el sur de la ciudad se registró que los bosques de encino tenían una extensión de 12 855 ha, mientras que en el año 2000 sólo quedaban 3 956 ha, lo cual implica una pérdida de casi 70% (Sorani 2003). Esta tendencia pone en riesgo la persistencia de la calidad y cantidad de los servicios ambientales que prestan los ecosistemas en los que los encinos son un componente importante, así como la variedad de organismos que en estos bosques se protege (Valencia y Gual-Díaz 2014).

Ninguna especie del género *Quercus* aparece en la NOM-059-SEMARNAT-2010 ni en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2012). Para la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2012) existen muchas especies del género, pero ninguna de las distribuidas en la Ciudad de México. Sin embargo, los encinares y los bosques de pino-encino mantienen cierto grado de protección en ANP como el Desierto de los Leones, Ecoguardas, el Parque Ecológico de la Ciudad de México, la Sierra de Guadalupe, el Bosque de Tlalpan, Los Encinos, La Loma, San Nicolás Totolapan, San Bernabé Ocotepec y el Área Comunitaria de Conservación Ecológica Milpa Alta, así como la Reserva Ecológica Comunitaria San Andrés Totoltepec (GDF 2009, 2011, 2012, SMA 2012).

Amenazas y acciones de conservación

En la Ciudad de México, los encinares han sido reducidos drásticamente en su extensión y sometidos a disturbio por las siguientes razones: *1*) el crecimiento de la mancha urbana, sobre todo en Álvaro Obregón, Xochimilco, Tlalpan y Magdalena Contreras (Sorani 2003); *2*) la transformación de bosques a terrenos agrícolas en la delegación Tláhuac (Sorani 2003); *3*) el pastoreo de ganado vacuno, ovino y caprino (que impide la regeneración natural del bosque) en las delegaciones Tlalpan y Xochimilco (Cabrera 1995, Zavaleta y Ramos 1999); *4*) los incendios forestales que han afectado a las delegaciones Tlalpan y Xochimilco (Zavaleta y Ramos 1999, Sorani 2003); *5*) el remplazo de encinos por otros árboles, como pirules (*Schinus molle*) y eucaliptos (*Eucalyptus camaldulensis*, *E. globulus* y *E. tereticornis*) en las delegaciones Xochimilco y Miguel Hidalgo (Zavaleta y Ramos 1999, Benavides *et al.* 2009); *6*) la contaminación y la extracción de especies animales, vegetales y roca en el Parque Ecológico de la Ciudad de México (Cabrera 1995), y *7*) la construcción de supervías y autopistas en las delegaciones Cuajimalpa y Álvaro Obregón (Sorani 2003, Guerra 2012).

Otras amenazas para los encinos son agentes patógenos como el tizón (*Apiognomonia quercina*), que debilita los árboles, el hongo *Biscogniauxia atropunctata*, que les causa la muerte, y la palomilla *Evita* sp., que en 1957 les causó severas defoliaciones, lo que implicó grandes costos económicos y sociales en la ciudad (Martínez 2008).

El porcentaje de germinación que tienen las bellotas en el medio natural es generalmente bajo por la falta de sombra y humedad (Martínez 2008). Por esta razón, las acciones de restauración ecológica o reforestación en los bosques de encinos requieren de esfuerzos costosos pero necesarios. Actualmente se han realizado acciones de restauración ecológica que incluyen la introducción de árboles en sitios específicos dentro del bosque y otros tipos de vegetación donde están protegidos de herbívoros, bajo una sombra parcial, y protegidos de las variaciones climáticas (Cabrera *et al.* 1998, Martínez 2008). Esta dificultad con la

cual los encinares se recuperan de las acciones humanas los señala como ecosistemas particularmente vulnerables.

En la actualidad, se están realizando las siguientes acciones para contrarrestar las presiones ejercidas por actividades humanas sobre los bosques con encinos:

a) Estudios de biodiversidad en sitios donde se registran bosques de encino. Rodríguez-Franco (2002) recomienda hacer los inventarios de los recursos naturales de los bosques de la capital, ya que este tipo de estudios permitiría a los tomadores de decisiones fundamentar la protección de estos sitios con argumentos de peso. Tal es el caso de los estudios de Cano-Santana y colaboradores (1999, 2006) en el predio Los Encinos, los cuales sirvieron como base para que una parte del sitio se declarase como ANP con categoría de Zona de Protección Hidrológica y Ecológica, en la cual se prohíbe el uso de suelo con fines de vivienda, industria y agricultura (GDF 2009). Sin embargo, la proyectada construcción del complejo médico, habitacional y comercial conocido como "Biometrópolis, ciudad del conocimiento" (Gil 2010) se sigue cuestionando, por asentarse en este predio que tiene un alto valor ambiental y paisajístico.

b) Actividades ecoturísticas y educativas enfocadas a educación ambiental. Dichas tareas se han realizado en San Nicolás Totolapan (delegación Magdalena Contreras) y San Mateo Tlaltenango (delegación Cuajimalpa; García-Sánchez 2007), así como en la Barranca de Villa Verdún (delegación Álvaro Obregón; Sepúlveda 2009).

c) Actividades de restauración ecológica. La restauración ecológica para recuperar la funcionalidad y los importantes servicios ambientales que prestan los encinares es una actividad muy importante y poco aplicada por sus altos costos económicos. En el cuadro 3 se enlistan las experiencias documentadas de acciones de restauración ecológica que incluyen la introducción de encinos en varios ecosistemas naturales la ciudad.

Otra acción recomendable para contrarrestar el efecto de las actividades antropogénicas sobre los encinares es el incremento de la extensión de ANP (Rodríguez-Franco 2002). Dos ejemplos muy importantes de este tipo de zonas son la Barranca de Tarango (Guerra 2012) y la fracción no protegida del predio Los Encinos. En caso de conservar esta última zona, se protegería casi en su totalidad el sistema de cuevas Padierna, uno de los sistemas de origen volcánico más importantes del país por su extensión y complejidad (Cano-Santana *et al.* 1999, 2006).

Conclusión

Las fagáceas de la Ciudad de México, representadas por los encinos, son plantas que tienen una gran importancia ecológica,

Cuadro 3. Sitios sujetos a restauración por medio de introducción de encinos en la Ciudad de México.

Sitio[1]	Especies utilizadas	Referencias
PECM	*Q. castanea*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*	Cabrera *et al.* 1998, Bonfil *et al.* 2000, Bonfil 2006
Bosque de Chapultepec	*Q. rugosa*	Benavides *et al.* 2009
REPSA	*Quercus* sp. (posiblemente *Q. laeta*)	Muñoz-Saavedra 2013; Z. Cano-Santana datos no publicados
Parque Ecoarqueológico Cuicuilco	*Q. crassipes*, *Q. laeta*, *Q. castanea* y *Q. rugosa*	Cano-Santana *et al.* 2006
Barranca de Tarango	*Q. obtusata*, *Q. castanea*, *Q. crassipes*, *Q. mexicana*, *Q. laurina* y *Q. rugosa*	Hernández-García 2011

Fuente: elaboración propia.
[1]PECM: Parque Ecológico de la Ciudad de México; REPSA: Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria.

económica, cultural, alimentaria y medicinal. Son especies fundadoras que dan sostén a una gran variedad de organismos. Los bosques que forman los encinos ofrecen servicios ambientales de fundamental importancia para sostener la calidad de vida de los capitalinos, como lo es el aprovisionamiento de agua.

Es necesario impedir los asentamientos humanos en los bosques en la entidad, sobre todo en los encinares. Se deben proteger, en la medida de lo posible, todos los bosques remanentes de la ciudad, y hacer esfuerzos para invertir en acciones de restauración ecológica que persigan la recuperación de los encinares. Si estas acciones no se llevan a cabo, la calidad de vida de los habitantes disminuirá significativamente a mediano plazo, lo cual podría ocasionar graves conflictos sociales en el futuro.

Agradecimientos

Agradecemos el trabajo de investigación bibliográfica que hizo Rodrigo Muñoz Saavedra y la literatura proporcionada por Alfonso Moreno Curiel, Sergio Zamudio, Juan José Morrone y Federico Ramírez; a Laura Cárdenas y al Banco de Imágenes de Jan De Laet y CONABIO por las fotos, así como a Iván Castellanos-Vargas, Marco Romero-Romero, Estefanía Valdez y Nallely Jiménez por su apoyo técnico.

Referencias

Aranda, M., M. Gual-Díaz, O. Monroy-Vilchis *et al.* 1999. Aspectos etnoecológicos: Aprovechamiento de la flora y fauna silvestre en el sur de la cuenca de México. Pp. 264-287. En: *Biodiversidad de la región de montaña del Sur de la cuenca de México: bases para el ordenamiento ecológico.* A. Velázquez y F. J. Romero (eds.) Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco (UAM-X) y Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT), México.

Arizaga, S., J. Martínez, M. Salcedo y M.A. Bello. 2009. *Manual de biodiversidad de encinos michoacanos.* SEMARNAT, México.

Bastida, C. y C. Calderón. 2001. *Manual técnico para el establecimiento y manejo integral de las áreas verdes urbanas del Distrito Federal,* tomo II. Gobierno del Distrito Federal y Banco Interamericano de Desarrollo, México.

Benavides, H.M., G.O. Gazca y S.F. López. 2009. *Especies de árboles y arbustos frecuentes en la Segunda Sección del Bosque de Chapultepec.* Folleto Técnico No. 5. Centro Nacional de Investigación Disciplinaria en Conservación y Mejoramiento de Ecosistemas Forestales, Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, México.

Bonfil, C. 1993. La riqueza de los encinos. *Ciencias* 29: 13-15.

——. 2006. Regeneration and population dynamics of *Quercus rugosa* at the Ajusco Volcano, Mexico. Pp. 155-163. En: *Ecology and conservation of neotropical montane oak forests.* M. Kapelle (ed.). Springer-Verlag, Heidelberg

Bonfil, C., H. Rodríguez de la Vega y V. Peña. 2000. Evaluación del efecto de las plantas nodrizas en el establecimiento de una plantación de Quercus L. Revista *Ciencia Forestal en México* 25: 59-73.

Cabrera, L. 1995. *Ecología comparativa de dos comunidades de aves en un bosque templado del Ajusco Medio, Distrito Federal.* Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Cabrera, L., P.E. Mendoza-Hernández, V. Peña, C. Bonfil y J. Soberón. 1998. Evaluación de una plantación de encinos (*Quercus rugosa* Neé) en el Ajusco Medio, Distrito Federal. *Agrociencia* 32:149-156.

Cano-Santana, Z., J.A. Meave y M.C. Arizmendi. 1999. *Evaluación del potencial biológico y del estado de conservación del predio "Los Encinos", Tlalpan, Distrito Federal.* Informe técnico para la Comisión de Recursos Naturales del Gobierno del Distrito Federal. UNAM, México.

Cano-Santana, Z., I. Pisanty, S. Segura *et al*. 2006. Ecología, conservación, restauración y manejo de las áreas naturales y protegidas del Pedregal del Xitle. Pp. 203-226. En: *Manejo, conservación y restauración de recursos naturales en México*. K. Oyama y A. Castillo (eds.). UNAM y Siglo XXI, México,

Cárdenas, A. 1995. Las Pottiaceae (Musci) del Valle de México, México. *Acta Botanica Mexicana* 33:51-61.

——. 2000. Las Bartramiaceae (Musci) del Valle de México. *Acta Botanica Mexicana* 50:61-65.

Castillo-Argüero, S., Y. Martínez-Orea, J.A. Meave, *et al*. 2009. Flora: susceptibilidad de la comunidad a la invasión de malezas nativas y exóticas. Pp. 107-117. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Ceballos, G. y C. Galindo. 1984. *Mamíferos silvestres de la cuenca de México*. Limusa, Instituto de Ecología, Museo de Historia Natural de la Ciudad de México y Programme on Man and The Biosphere, México.

Ceballos, G. y G. Oliva. 2005. *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO y Fondo de Cultura Económica, México.

Cedillo, O.L. y M.A. Rivas. 2011. Relación entre la longitud y pendiente con el coeficiente LALT en las barrancas de la Sierra de Guadalupe, Distrito Federal. *Revista Sistemas Ambientales* 4: 21-33.

Cervantes, E.M. 1981. *Plantas popularmente utilizadas para tratamientos de enfermedades respiratorias*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

CITES, Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2012. Apéndices I, II y III. En: <*http://www.cites.org/esp/app/appendices.php*>, última consulta: 17 de septiembre de 2012.

Corona, G. 2011. *Reintroducción de Quercus mexicana Bonpl. y Quercus rugosa Neé en la Barranca de Tarango, México, D.F.* Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, UNAM, México.

Darlington, A. 1974. The galls on oak. Pp. 298-311. En: *The British oak: Its history and natural history*. M.G. Morris y F.H. Perring (eds.). The Botanical Society of the British Isles, Cambridge.

Dayton, P.K. 1972. Toward an understanding of community resilience and the potential effects of enrichments to the benthos at McMurdo Sound, Antarctica. Pp. 81–89. En: *Proceedings of the Colloquium on Conservation Problems in Antarctica*. B.C. Parker (ed.). Allen Press, Lawrence.

Espinosa, J. 2001. Fagaceae. Pp. 56-974. En: *Flora fanerogámica del Valle de México*. G.C. Rzedowski y J. Rzedowski (eds.). Instituto de Ecología, A.C. y CONABIO, Pátzcuaro, Michoacán.

Ezcurra, E., M. Mazari-Hiriart, I. Pisanty y A.G. Aguilar. 2002. Socioeconomic change and its impact on forest resources in the basin of Mexico. Pp. 24-43. En: *Urban air pollution and forests. Resources at risk in the Mexico City air basin*. M.E. Fenn, L.I. de Bauer y T. Hernández-Tejeda (eds.). Springer-Verlag, Nueva York.

García-Sánchez, P. 2007. Los recursos naturales y los pueblos originarios de la Ciudad de México. Pp. 87-113. En: *Los pueblos originarios de la Ciudad de México. Atlas etnográfico*. T. Mora (coord.). Gobierno del Distrito Federal e Instituto Nacional de Antropología e Historia (INAH), México.

García, J. y F. Garza. 2001. Conocimiento de los hongos de la familia Boletaceae de México. *Ciencia UANL* 4: 336-343.

GDF. Gobierno del Distrito Federal. 2009. Decreto por el que se establece como Área Natural Protegida con la categoría de Zona de Protección Hidrológica y Ecológica, la zona conocida con el nombre de "Los Encinos". *Gaceta Oficial del Distrito Federal* (México) 728:3-7.

——. 2011. Acuerdo por el que se expide el Programa de Manejo del Área Natural Protegida "Bosque de Tlalpan". *Gaceta Oficial del Distrito Federal* (México) 1120: 8-77.

——. 2012. Acuerdo por el que se expide el Programa de Manejo del Área Natural Protegida "La Loma". *Gaceta Oficial del Distrito Federal* (México) 1355: 10-111.

Gil, M. 2010. Biometrópolis: la ciudad del conocimiento. *Planeta Tlalpan* 21: 1.

Glimn-Lacy, J. y P.B. Kaufman. 2006. *Botany ilustrated. Introduction to plants, major groups, flowering plant families*. Springer, Indianápolis.

González, L.M. 1986. *Contribución al conocimiento del género Quercus (Fagaceae) en el estado de Jalisco*. Instituto de Botánica, Universidad de Guadalajara, Guadalajara, Jalisco.

Guerra, F.J. 2012. *Caracterización ecológica de la Barranca de Tarango, México, D.F.: propuesta para su restauración ecológica*. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, UNAM, México.

Hernández, F. 1577. *Historia de las plantas de la Nueva España*, tomo I. Instituto de Biología, UNAM (1942), México.

Hernández, A.P. 2009. *Plantas medicinales y su efecto antimicrobiano: un servicio ecosistémico de la Cuenca Río Magdalena, D.F.* Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Hernández-García, C.I. 2011. *Restauración ecológica de la Barranca de Tarango, D.F., mediante la reintroducción de la especie nativa Quercus rugosa Neé*. Tesis de Maestría. Instituto de Ecología, UNAM, México.

Hill, A.F. 1965. *Botánica económica: plantas útiles y productos vegetales*. Omega, Barcelona.

Hoth, J. (ed.). 2012. *Estrategia para la Conservación del Bosque de Agua 2012-2030*. Fundación Gonzalo Ríos Arronte, I.A.P., Fundación Biósfera del Anáhuac, A.C. y Pronatura México, A.C., México.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2005. *Estadística del medio ambiente del Distrito Federal y zona metropolitana 2002*. México.

Kremer, A., M. Casasoli, T. Barreneche *et al.* 2007. Forest trees. Pp. 161-187. En: *Genome mapping and molecular breeding in plants*. C. Kole (ed.). Springer-Verlag. Berlín.

Lesur, L. 2011. *Árboles de México*. Trillas, México.

López, L. 2004. *Diversidad de insectos y niveles de daño en semillas de Quercus candicans Née y Quercus crassipes Humb. & Bonpl: en Valle de Bravo, México*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Luna-José, A.L., L. Montalvo-Espinosa y B. Rendón-Aguilar. 2003. Los usos no leñosos de los encinos en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 72: 107-117.

Martínez, L. 2008. *Árboles y áreas verdes de la Ciudad de México y su zona metropolitana*. Fundación Xochitla, Tepotzotlán.

Martínez, L. y A. Chacalo. 1994. *Árboles de la Ciudad de México*. UAM- A, México.

Mata, S. 2009. Biblioteca digital de la medicina tradicional mexicana. En: <*http://www.medicinatradicionalmexicana.unam.mx/busqueda.php?dato=encino*>, última consulta: 20 de julio de 2012.

Mendoza-Díaz, M.M., F. Zavala-Chávez y E. Estrada-Martínez. 2006. Hongos asociados con encinos en la porción noroeste de la Sierra de Pachuca, Hidalgo. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 12: 13-18.

Mora, M. A. 2006. *Patrones morfológicos foliares de Quercus crassifolia (Fagaceae) a través de México*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Morris, M.G. y F.H. Perring (eds.). 1974. *The British oak: Its history and natural history*. The Botanical Society of the British Isles, Cambridge.

Muñoz-Saavedra, R. 2013. *Efecto de cinco años de restauración sobre la comunidad vegetal y dos poblaciones de artrópodos en el área A8 de la Reserva del Pedregal de San Ángel*. Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Pardavé, L.M., L. Flores, V. Franco y M. Robledo. 2007. Contribución al conocimiento de los hongos (Macromicetos) de la Sierra Fría, Aguascalientes. *Investigación y Ciencia de la Universidad Autónoma de Aguascalientes* 37: 4-11.

Pérez, A.I. 1986. *Plantas popularmente usadas para el tratamiento de las enfermedades más comunes en San Lorenzo Acopilco, delegación Cuajimalpa de Morelos, México. D.F.* Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Rivera, J.E. y A. Espinosa. 2007. Flora y vegetación del Distrito Federal. Pp. 231-253. En: *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). UNAM, México.

Robledo, A. 1997. *Germinación y crecimiento de plántulas de cuatro especies de encinos en el Ajusco, D.F. Efecto del tamaño de la semilla*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Rodríguez-Franco, C. 2002. Forests in the basin of Mexico: types, geographic distribution and condition. Pp. 68-85. En: *Urban air pollution and forests. Resources at risk in the Mexico City air basin*. M. E. Fenn, L.I. de Bauer y T. Hernández-Tejeda (eds.). Springer-Verlag, Nueva York.

Romero, S. 1993. *El género Quercus (Fagaceae) en el Estado de México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Romero, S. y E.C. Rojas. 2009. Encinos. Pp. 187-193. En: *Diversidad biológica del Estado de México. Estudio de Estado*. G. Ceballos, R. List, G. Garduño, R. López Cano, M.J. Muñozcano, E. Collado y J.E. San Román (comps.). Gobierno del Estado de México y CONABIO, Toluca.

Rzedowski, J. 1978. *Vegetación de México*. Limusa, México.

———. 2001. Principales comunidades vegetales. Pp. 32-38. En: *Flora fanerogámica del Valle de México*. G.C. Rzedowski y J. Rzedowski (eds.). Instituto de Ecología, A.C. y CONABIO, Pátzcuaro, Michoacán.

Sáenz-Jiménez, F.A. 2010. Aproximación a la fauna asociada a los bosques de roble del Corredor Guantiva-La Rusia-Iguaque (Boyacá-Santander, Colombia). *Revista Colombia Forestal* 13:299-334.

Sanver, D. y B.A. Hawkins. 2000. Galls as habitats: the inquiline communities of insect galls. *Basic Applied Ecology* 1: 3-11.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 20 de diciembre del 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

SMA. Secretaría del Medio Ambiente. 2012. En: <*http://www.sma.df.gob.mx/corena/mapa_zonas.html*>, última consulta: 24 de julio de 2012.

Sepúlveda, D. 2009. Programa de desarrollo sustentable, conservación y educación ambiental en la Barranca Villa Verdún. Asociación Ecológica Villa Verdún, A.C. Informe final SNIB-CONABIO No. GQ007, México.

Sorani, V. 2003. Sur del Distrito Federal. Pp. 190-197. En: *La deforestación en 24 regiones proders.* P. García-Sánchez (coord.). SEMARNAT y CONANP, México.

Téllez-Valdés O., P. Dávila-Aranda y R. Lira-Saade. 2006. The effects of climate change on the long-term conservation of *Fagus grandifolia* var. *mexicana*, an important species of the cloud forest in eastern México. *Biodiversity and Conservation* 15: 1095-1107.

Tovar-Sánchez, E. 2004. *Efectos de la hibridación del complejo Quercus crassifolia × Quercus crassipes sobre las comunidades de insectos formadores de agallas*. Tesis de Doctorado. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Tovar-Sánchez, E., Z. Cano-Santana y K. Oyama. 2003. Canopy arthropod communities on Mexican oaks at sites with different disturbance regimes. *Biological Conservation* 115: 79-87.

Tovar-Sánchez, E., L. Valencia-Cuevas, E. Castillo-Mendoza, *et al*. 2013. Association between individual genetic diversity of two oak host species and canopy arthropod community structure. *European Journal of Forest Research* 132:165-179.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2012. Red list of threatened species 2012.1. En: <*http://www.iucnredlist.org/*>, última consulta: 17 de septiembre de 2012.

Valencia, S. 1995. *Contribución al conocimiento del género Quercus (Fagaceae), en el Estado de Guerrero*, México. Facultad de Ciencias, México.

——. 2004. Diversidad del género *Quercus* (Fagaceae) en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 75: 33-53

Valencia, S. y K.C. Nixon. 2004. Encinos. Pp. 219-226. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A. J. García-Mendoza, M.J. Ordoñez y M. Briones-Salas (coords.). Instituto de Biología, UNAM, Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza y World Wildlife Fund, México.

Valencia, S. y G. Flores-Franco. 2006. *Catálogo de autoridades taxonómicas de las fagáceas* (*Fagaceae*: *Magnoliopsida*) de México. Base de datos SNIB-CONABIO proyecto CS008. Facultad de Ciencias, UNAM, México. En: <*http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/plantas/magnoliayMarg/Encinos/docs/Fagaceas.xls*>, última consulta: 2 de mayo de 2014.

Valencia-A, S. y M. Gual-Díaz. 2014. La familia Fagaceae en el Bosque Mesófilo de Montaña de México. *Botanical Sciences* 92: 193-204.

Valencia-Cuevas, L., D. Piñero, P. Mussali-Galante, *et al*. 2014. Effect of a red oak species gradient on genetic structure and diversity of *Quercus castanea* (Fagaceae) in Mexico. *Tree Genetics & Genomes* 10:641-652.

Watling, R. 1974. Macrofungi in the oak woods of Britain. Pp. 219-226. En: *The British oak: Its history and natural history.* M.G. Morris y F.H. Perring (eds.). The Botanical Society of the British Isles, Cambridge.

Wilson, D. 1995. Fungal endophytes which invade insect galls: insect pathogens, benign saprophytes, or fungal inquilines? *Oecologia* 103: 225-260.

Zavala, F. 1989. *Identificación de encinos de México*. Universidad Autónoma de Chapingo (UACH), Chapingo.

——. 1995. Encinos hidalguenses. UACH, Chapingo.

Zavaleta, P. y M.G. Ramos. 1999. *Flora de Xochimilco*. UAM-X, México.

Zomlefer, W. 1994. *Guía de las familias de plantas con flor.* Acribia, Zaragoza.

Árboles urbanos

Aurora Chimal Hernández
Víctor Corona Nava Esparza

Introducción

Los árboles son los elementos más importantes de la vegetación urbana porque suministran bienes y servicios ecosistémicos a los habitantes de las ciudades (véase Servicios ecosistémicos y Áreas verdes en esta obra). Las áreas arboladas proporcionan espacios estéticos y placenteros necesarios para el desarrollo humano. Crean paisajes que producen una sensación de bienestar, invitan a la reflexión y se convierten en espacios de reunión que contrastan con las líneas rectas de las casas y edificios propios del paisaje urbano. Además moderan la radiación del sol, regulan la temperatura y ayudan a evitar el deslumbramiento de los conductores en la noche y a amortiguar las inundaciones (Robinette 1972, citado por Hartmann *et al.* 1981).

El presente estudio incluye un breve panorama histórico del arbolado en la Ciudad de México y presenta la diversidad de árboles urbanos, tanto nativos como exóticos, distribuidos en las seis regiones de la entidad (véase Delimitación del área de estudio y regionalización en esta obra). La información presentada es producto de la revisión de publicaciones, fotografías y recorridos por diferentes sitios de la ciudad.

Origen y estado del conocimiento de los árboles urbanos

Los árboles urbanos se definen como aquellos que tienen dos orígenes, nativos y exóticos. Los primeros se pueden dividir en nativos de la entidad y nativos de otros estados de la república, y los exóticos son aquellos que provienen de otros países. Una lista de las especies exóticas y nativas se incluye en los apéndices 13 y 14, donde además se reportan los nombres comunes más conocidos (Martínez 1937, Corona y Chimal 2006, Martínez 2008, Lesur 2011, CONABIO 2012). Hasta ahora se han registrado 96 especies nativas y 123 especies exóticas de árboles urbanos.

Originalmente en la cuenca de México existían cinco lagos: el de Texcoco, de agua salobre, y el resto, de agua dulce. Los habitantes de la región sur (Chinampanecas) crearon el sistema de chinampas con el fin de incrementar las tierras cultivables, depositando lodo sobre tejidos de varas de juncos, bordeadas con estacas de ahuejote (*Salix bonplandiana* figura 1*k*). Esta especie, originaria de las zonas aledañas a los lagos del valle de México, presumiblemente fué el primer árbol cultivado (Nuttall 1923).

En la época de la Conquista se introdujeron distintos árboles como el pirú (*Schinus molle*) originario de Perú, traído por el primer virrey de la Nueva España (aproximadamente en 1535), don Antonio de Mendoza. Éste es considerado un árbol naturalizado porque desde entonces se propaga de forma natural. Fray Martín de Valencia en 1529 introdujo el olivo (*Olea europaea*) a la orilla sureste del lago de

Chimal-Hernández, A y V. Corona N. 2016. Árboles urbanos. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.122-145.

Cuadro 1. Resumen de las principales características del arbolado urbano en las regiones de la Ciudad de México.

Región	Delegaciones	Especies nativas representativas	Especies exóticas representativas	Problemática	Estrategias de conservación
Bosques y Cañadas	Cuajimalpa Álvaro, Obregón, Magdalena Contreras, Tlalpan, Milpa Alta y Xochimico, Gustavo A. Madero	Zonas húmedas: Oyamel, pinos, cedro blanco, encinos Zonas menos húmedas: Encinos, huizache, palo dulce, tepozán, cazahuate	Eucalipto, casuarina, trueno, jacaranda, tamaris	1. Fragmentación de comunidades bióticas. 2. Construcción de carreteras y autopistas. 3. Poco control de las actividades ecoturísticas. 4. Contaminación. 5. Infestaciones de muérdago[1] 6. Introducción de árboles exóticos 7. Asentamientos irregulares en zonas de alto riesgo	Catalogar nuevas Áreas Naturales Protegidas (ANP) bajo las categorías de Parques Nacionales (PN) y Zonas de Protección Forestal (ZPF). Implementar y seguir los lineamientos del Plan de Manejo. Reforestación con especies nativas producidas en los viveros de San Luis Tlaxialtemalco (CORENA). Plantar especies adecuadas al tipo de bosque.
Humedales de Xochimilco y Tláhuac	Xochimilco, Tláhuac	Ahuejote, ahuehuete, fresno, colorín, negundo , cedro blanco, aile	Eucalipto, casuarina, sauce llorón, trueno, jacarada, higuera, ficus benjamín, hule, grevília, acacia o mimosa, tamaris	1. Plagas* y enfermedades. Algunos ahuehuetes con presencia de la epífita gallitos (*Tillandsia recurvata*) 2. Contaminación en suelo y agua 3. Uso de especies exóticas 4. Actividad ecoturística no controlada 5. Urbanización de la reserva 6. Caso omiso de las recomendaciones del Programa de manejo de los humedales	Se declaró Patrimonio de la Humanidad por la UNESCO. Seguir los lineamientos del Plan de Manejo. Programa de propagación y cultivo de ahuejotes por medio de acodos de hasta 5 m de altura y 20 cm de diámetro para reforestación en chinampas. Reforestación con especies nativas.
Serranías de Xochimilco y Milpa Alta	Xochimilco, Milpa Alta, Tlalpan	Encino, aile, cedro blanco, fresno, capulín, tejocote, palo dulce	Ciprés italiano, jacaranda, ficus benjamín, tamaris, trueno, nogal, árboles frutales	1. Fragmentación de comunidades bióticas 2. Apertura de nuevas tierras para cultivo 3. Urbanización 4. Tala clandestina	Parte de las serranías se conforman como ANP, con categoría de Corredor Ecológico Ajusco-Chichinautzin, PN y como ZSCE . Reforestación con árboles nativos por la CORENA. Prevención y combate de incendios forestales. Seguir los lineamientos del Programa de manejo.
Sierra de Guadalupe (incluye La Armella, El Parque Nacional El Tepeyac)	Gustavo A. Madero	Encino, mezquite, pino, nopales	Eucalipto, casuarina, pirú, pirú brasileño	1. Fragmentación de comunidades bióticas 2. Falta de acuerdo entre el Edo. de México y la ciudad de México para un buen manejo de la región 3. Urbanización 4. Reforestaciones con especies exóticas	ANP bajo la categoría de ZSCE. Reforestación con especies nativas por la Corena y organizaciones vecinales. Prevención y combate de incendios forestales. Seguir los lineamientos del Plan de manejo.
Sierra de Santa Catarina	Iztapalapa y Tláhuac	Encinos, palo dulce, huizache, uña de gato, tepozán, capulín, cedro blanco, aile, fresno, cuajiote	Pirú, casuarina, trueno, jacaranda, álamo, araucaria	1. Urbanización 2. Reforestación con especies exóticas 3. Infestaciones por muérdago principalmente en especies exóticas	ANP con categoría de ZSCE. Reforestación con especies nativas (CORENA). Combate de incendios forestales. Fomentar las políticas y acciones establecidas en el Plan de Manejo. Continuar trabajando con las organizaciones vecinales.

Cuadro 1. Continuación.

Región	Delegaciones	Especies nativas representativas	Especies exóticas representativas	Problemática	Estrategias de conservación
Parques y jardines urbanos	Las 16 delegaciones del Distrito Federal	Fresno, Cedro blanco, Colorín, Pinos, Encinos	Eucalipto, Casuarina, Trueno, Jacaranda, Álamo de Canadá, Ficus benjamín, Acacia, Palma canaria, Pirú, Pirú del Brasil, Olmo chino, Níspero	1. Falta de humedad y debilidad de raíces. 2. Pérdida de árboles centenarios como Fresnos y Ahuehuetes por el muérdago y poda inadecuada. 3. En los últimos 10 años se han realizado podas altas (2.50 m) para aumentar la visibilidad. 4. Infestación de "tripas de Judas" o hilo del diablo (*Cuscuta* spp.[2]), principalmente en el pirú	Seguir los lineamientos de las normas ambientales NADF-001-RNAT-2002 y NADF-006-RNAT-2004. Fomentar la producción, plantaciones y reemplazo por especies nativas adecuadas. Realización de podas sanitarias adecuadas por personal capacitado.

[1] Hasta el momento se han identificado 7 especies de muérdago: *Cladocolea diversifolia*, *C. loniceroides*, *Struthanthus deppeanus*, *S. interruptus*, *S. quercicola*, *Phoradendron brachystachyum*, y *P. velutinum*; Gutiérrez Marcela. 2012. Comunicación personal.
[2] Hacia el norte es más común encontrar la pársita (*Cuscuta arvensis*), mientras que en el sur (Coyoacán, Tlalpan y Xochimilco) *C. potosina* y *C. corimbosa* (GDF 2000).
Fuente: elaboración propia.

Xochimilco, en los predios Olivar de las Ánimas y Olivar de Santa María, en Tulyehualco y San Juan Ixtayopan en Tláhuac, donde aún se observan algunos ejemplares (Farias 1980, tomado de Vela y Rodríguez 2007). También se introdujeron diferentes variedades de árboles frutales como: ciruelo rojo (*Prunus domestica*), peral (*Pyrus communis*), chabacano (*Prunus armeniaca*), duraznero (*P. persica*), manzano (*Malus pumila*), higuera (*Ficus carica*). En los siglos XII - XIX se fomentó su cultivo en los grandes huertos de Coyoacán, Mixcoac, San Ángel, Tacuba, Tacubaya y Tlalpan (Nuttall 1925) y en los pueblos que rodeaban la ciudad, lo mismo ocurrió con la mora o morera blanca (*Morus alba*), que se introdujo en el huerto de los Morales para el cultivo del gusano de seda (*Bombix mori*) ambos originarios de china.

A principios del siglo XX Miguel Ángel de Quevedo fundó cuatro viveros: Coyoacán, Santa Fe, el Desierto de los Leones y Nativitas, en Xochimilco, primero para reforestar las laderas y así evitar la formación de grandes tolvaneras que se generaban por la falta de cobertura vegetal y posteriormente para uso urbano (Quevedo 1926, 1927*a*, *b*).

Después de experimentar con especies nativas que no prosperaron en los lomeríos desnudos, sugirió utilizar árboles exóticos; así, se adaptaron eucaliptos (*Eucalyptus* spp., figura 2*c*) y casuarinas (*Casuarina cunninghamiana* y *C. equisetifolia* figura 2*a*) originarios de Australia. También se introdujeron, para su uso recreativo y de alineación (Quevedo 1928*a*, *b*), los álamos o chopos (*Populus* spp.) de Canadá y Estados Unidos, el sicomoro (*Platanus hybrida*), el piñonero europeo (*Pinus pinea*) y el pino alepo (*P. halepensis*) de la región Mediterránea, acacias (*Acacia* spp.) y grevilea (*Grevillea robusta* figura 2*e*) también australianas, entre otras (Quevedo 1927*b*). En 1918, se inició la reforestación de la hacienda La Venta en Cuajimalpa, con el establecimiento de un vivero con las especies nativas del lugar, además de *P. patula* y *Cupressus thurifera* (Sociedad Forestal Mexicana 1928).

En 1922, Miguel Ángel de Quevedo fundó la Sociedad Forestal Mexicana con el objetivo de crear áreas verdes en todo el país, y en 1923 se publicó el primer número de *México Forestal*, revista que trata temas sobre recursos forestales y las actividades de dicha sociedad, como

las plantaciones y replantaciones de árboles en las calles de la ciudad. En 1926, el presidente Plutarco Elías Calles promulgó la Ley Forestal, que sirvió como arquetipo para las plantaciones urbanas posteriores (Simonian 1999).

Además de las especies exóticas antes mencionadas, se propagaron nativas provenientes de las serranías que rodean la ciudad, como el aile (*Alnus acuminata* subs. *glabrata* y *A. jorullensis* subs. *jorullensis*), pino Moctezuma (*P. montezumae*), ocote blanco (*P. leiophylla*), tepozán (*Buddleia cordata*), el cedro blanco (*Cupressus lusitanica*; figura 1*b*), el acezintle (*Acer negundo* var. *mexicanum*) y otras como el colorín (*Erythrina coralloides*; figura 1*c*), estas tres últimas especies se encuentran enlistadas en la Norma NOM-059-SEMARNAT-2010, las dos primeras bajo protección especial (Pr) y la última como amenazada (A).

En los cerros cercanos al vivero de Nativitas, se plantaron en 1927 acacias (*Acacia* spp.) y eucaliptos; en Acopilco, Cuajimalpa y a orillas de la Carretera México-Toluca se plantaron pinos (*Pinus* sp.), cedro blanco (*Cupressus* sp.) y eucaliptos (*Eucalyptus* sp.); en los márgenes y zonas aledañas de las carreteras México-Pachuca y México-Puebla casuarinas, eucaliptos y truenos (*Ligustrum* spp.), y en la carretera México-Cuernavaca a la altura de San Miguel Topilejo, Tlalpa, eucaliptos (Sociedad Forestal Mexicana 1928).

De 1933 a 1935, la administración de Lázaro Cárdenas decretó 33 parques en el país y posterior a 1936, se decretaron nueve parques nacionales en la Ciudad de México los cuales son: Desierto de los Leones, Los Bosques de la Cañada de Contreras, las Cumbres del Ajusco, Insurgente Miguel Hidalgo y Costilla, Histórico de Coyoacán, el Cerro del Tepeyac, Lomas de Padierna, Cerro de la Estrella y Las Fuentes Brotantes.

A partir de los años cuarenta, se inició una serie de inventarios de la flora urbana de la entidad, la cual se ha complementado con información de propagación, cultivo y mantenimiento de estas especies, entre los que se pueden mencionar: Batalla (1944), Carbajal (1970), Cerda (1970), Corona (1979), Cayeros (1981), Tovar de Teresa (1982), Rapoport *et al.* (1983), Martínez y Chacalo (1994), Rodríguez y Cohén (2003), Martínez (2008), Chacalo y Corona (2009); además de manuales técnicos y artículos como Rivas (2000), GDF (2000*a*, *b*), GDF (2001), SEMARNAT (2008). Así como la revista Ciencia Forestal (1972- 2008), del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), que actualmente es la *Revista Mexicana de Ciencias Forestales* (2009) y la revista de divulgación *ÁrboreA* (1999-2007) emitida por la Sociedad Mexicana de Arboricultura A. C., que en el año 2008 se convierte en *ÁrbolAMA*.

Desde hace 15 años, se le ha dado prioridad a la propagación de árboles nativos, en el Vivero de San Luis Tlaxialtemalco (CORENA); los Viveros de Coyoacán, Bosque de Chapultepec y Nezahualcóyotl en la Ciudad de México, y Yecapixtla, Morelos. Sin embargo, aún se utilizan árboles exóticos y sólo se han dejado de propagar los eucaliptos, por la presencia de alelopatía, es decir, la producción de compuestos químicos tóxicos que inhiben la germinación y crecimiento de otras plantas (Ballester *et al.* 1982), además su madera fibrosa y su débil arraigo al suelo los hace vulnerables a desgajamientos y caídas por fuertes vientos.

La Secretaría del Medio Ambiente, en la Norma, NADF-006-RNAT-2004, emitió una lista de especies preferentes para las plantaciones urbanas, con 54 especies exóticas, 53 nativas y una naturalizada (SMA 2005). Y a inicios del año 2000, se introdujeron el calistemo llorón o lavabotellas (*Callistemon viminalis*) y la acacia azul (*Acacia baileyana*).

Por lo que se puede observar a lo largo de este trabajo, la figura del ingeniero Miguel Ángel de Quevedo tuvo una enorme influencia en la creación de bosques, parques y jardines, y en las reforestaciones en las áreas verdes que rodean la ciudad. Aunque a veces se le critica por la introducción de eucaliptos y casuarinas, la admiración por su trabajo

Cuadro 2. Especies de reforestación en: suelo de conservación, rural y urbano, de once delegaciones en el periodo 2006-2011.

Uso de suelo	Delegación	Especies	
		Nativas	Exóticas
Conservación		*Abies religiosa* , *Arbutus xalapensis**, *Crataegus mexicana**, *Cupressus lusitanica**, *Fraxinus udhei*, *Furcraea bedinghausii*, *Pinus ayacahuite**, *P. hartwegii**, *P. leiophyla**, *P. montezumae**, *P. patula*, *P. rudis**, *P. teocote**, *Prunus serotina* subs. *capuli**, *Quercus* spp.*	
Rural	Milpa Alta Tlalpan	*Acacia farnesiana**, *Alnus acuminata**, *A. jorullensis**, *Budleja cordata**, *Bursera cuneata**, *Cupressus lusitanica*, *Dodonaea viscosa**, *Eysenhardtia polystachya**, *Fraxinus udhei*, *Pinus cembroides**, *Pinus gregii**, *Prunus serotina* subs. *capuli*, *Psidium guajava*, *Quercus* spp., *Salix bomplandiana**, *Taxodium mucronatum*, *Tecoma stans**	*Citrus x limon*, *Ficus benjamina*, *F. microcarpa*, *Jacaranda mimosifolia*, *Juglans nigra*, *Ligustrum japonicum*, *L. lucidum*, *Prunus armeniaca*, *P. persica*, *Pyrus calleryana*, *P. communis*, *Salix babylonica**, *Tamarix gallica*
Urbano	Álvaro Obregón Coyoacán Iztacalco Milpa Alta Tlalpan Xochimilco	*Acer negundo* var. *mexicana*, *Alnus acuminata*, *A. jorullensis*, *Arbutus xalapensis*, *Crataegus mexicana*, *Cupressus lusitanica*, *Fraxinus udhei*, *Juniperus deppeana*, *Liquidambar styraciflua*, *Pinus ayacahuite*, *P. montezumae*, *Prunus serotina* subs. *capuli*, *Quercus* spp., *Salix bonplandiana* , *Taxodium mucronatum*, *Tecoma stans*	*Acacia baileyana*, *A. melanoxylon*, *A. retinodes*, *Bauhinia monandra*, *Callistemon citrinus*, *C. viminalis*, *Cupressus macrocarpa*, *C. sempervirens*, *Eriobotrya japonica*, *Ficus benjamina*, *F. microcarpa*, *Jacaranda mimosifolia*, *Lagerstroemia indica*, *Ligustrum japonicum*, *L. lucidum*, *Magnolia grandiflora*, *Phoenix canariensis*, *Platycladus orientalis*, *Prunus persica*, *Pyrus calleryana* , *P. communis*, *Salix babylonica*, *Tamarix gallica*

*Especies producidas en San Luis Tlaxialtemalco, para la reforestación de 2013.
Fuente: modificado de INFODF 2011 y CORENA 2013.

debe preponderar por encima de esas equivocaciones, ya que fueron más sus aciertos. Gracias a él y a su ejemplo, la Ciudad de México cuenta todavía con áreas arboladas, por eso tiene bien ganado el sobrenombre de el “Apóstol del Árbol” .

A continuación se hace una breve descripción del arbolado urbano que se distribuye en cada una de las regiones de la ciudad.

Región de Bosques y Cañadas

Esta región comprende la parte oeste y sur de la Ciudad de México, en las delegaciones Cuajimalpa de Morelos, Álvaro Obregón, La Magdalena Contreras, Tlalpan y Milpa Alta, donde se encuentran bosques naturales que se han decretado como suelo de conservación. Incluye los parques nacionales Desierto de los Leones (Insurgente Miguel Hidalgo) y Cumbres del Ajusco, la Zona de Conservación Ecológica Ecoguardas y las Reservas Ecológicas Comunitarias San Miguel Topilejo y San Nicolás Totolapan. Las reforestaciones de bosques y cañadas de estas áreas se han realizado con especies nativas tales como el oyamel (*Abies religiosa*), diferentes especies de pinos, encinos, cedro blanco, capulín (*Prunus serotina* subsp. *capuli*) y tejocote (*Crataegus mexicana*).

Hacia la mitad del siglo XX, con el aumento de la mancha urbana, han disminuido las áreas forestales de parques nacionales como Lomas de Padierna o Cerro del Judío, Las Fuentes Brotantes y el Parque Urbano Bosque de Tlalpan, en los que se puede observar

eucaliptos de reforestaciones pasadas; lo mismo ha ocurrido con las zonas sujetas a conservación ecológica Bosques de las Lomas y Ecológico de la Ciudad de México.

El aumento de zonas agrícolas, apertura de caminos y la construcción de casas en cañadas y barrancas a los alrededores de antiguos poblados ubicados en los lomeríos como San Pedro Chimalpa, 1º de Mayo, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, San Nicolás Totolapan, Santo Tomás Ajusco, San Andrés, Santa Cecilia Tepetlapa, Santa Ana Tlacotenco y San Salvador Cuauhtenco, por mencionar algunos, han provocado la introducción de árboles exóticos como el trueno, ciprés italiano (*Cupressus semepervirens*), cedro limón (*Cupressus macrocarpa*), laurel de la India (*Ficus microcarpa*) y ficus benjamín (*Ficus benjamina*), además de los frutales traídos por los españoles en el siglo xvi.

En algunas colonias como San Jerónimo Lídice, en la delegación Magdalena Contreras, se construyeron parques y jardines en los que se han mantenido o sembrado las especies nativas del lugar, con la introducción de especies como el liquidámbar (*Liquidambar styraciflua*). De forma similar, en la colonia Ampliación Miguel Hidalgo Segunda y Tercera Sección, en Tlalpan, hay un parque con los encinos originales.

Región de Humedales de Xochimilco y Tláhuac

Los antiguos habitantes de la región sur de los lagos de Xochimilco y Chalco trasladaron sus cultivos a las chinampas debido a la separación de agua dulce y salobre, por el dique construido por el rey Nezahualcóyotl. El sistema de chinampas cubría 9 mil ha en la segunda mitad del siglo xv, teniendo como arbolado principal los ahuejotes (Simonian 1999).

En la década de los años treinta, la desecación de esta zona causó que los suelos acumularan una alta concentración de sales, lo que repercutió en la agricultura y ganadería (Domínguez 1997). Ante este panorama se introdujeron especies tolerantes a la salinidad, principalmente de eucalipto. En la actualidad es posible observar un pequeño bosque al norte de la calzada Tláhuac-Chalco. También se introdujeron casuarinas y el sauce llorón (*Salix babylonica*), este último originario de China.

A finales de los años setenta, el extenso humedal que existía poco a poco fue disminuyendo para darle paso a la urbanización, esto originó plantaciones de fresno (*Fraxinus* sp.), acezintle, aile (*Alnus* sp.) y cedro blanco (*Cupressus lusitanica*) en los nuevos parques, jardines y calles. Otras especies exóticas de rápido crecimiento y de una gran capacidad de adaptación a diferentes ambientes son el trueno, grevilea, acacias (*Acacia longifolia*, *A. melanoxylon* y *A. retinodes*); sin embargo, éstas no son recomendables para la zona sur porque rompen con el paisaje característico de Xochimilco y pueden ser vulnerables a plagas y enfermedades.

Esta zona aún alberga 20 mil chinampas, un paisaje cultural y ambiental único en el mundo (González Pozo 2010) declarado en 1987 Patrimonio de la Humanidad por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO 1987). En el 2006, se delimitó la poligonal de esta zona e incluyeron los humedales de Tláhuac, Laguna del Toro y de Cuahilama. Este humedal se comparte con el de Chalco en el Estado de México.

Los humedales de los ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco se declararon áreas naturales protegidas bajo la categoría de zona sujeta a conservación ecológica (ZSCE) en 1992 (DDF 1992). La Convención sobre los Humedales Ramsar (2004) inscribió en la lista de humedales importantes a nivel mundial al Sistema Lacustre de los Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, en el que se incluye el Parque Ecológico de Cuemanco. La conservación de este ecosistema es importante debido a que la mayoría de sus especies son nativas (Chimal y Arana 2013).

Región Serranías de Xochimilco y Milpa Alta

Esta región constituye parte de la sierra del Ajusco y del Chichinautzin, un área importante para la recarga de los mantos acuíferos y por la gran biodiversidad de plantas y animales que alberga (Romero y Velázquez 1999).

Las primeras poblaciones establecidas en la región iniciaron la explotación de los recursos del bosque para construcción, leña, carbón y alimento; sin embargo, aún hay amplias extensiones de bosque en las que se registran 25 especies de árboles útiles para la reforestación y uso urbano, como los encinos, pinos (*Pinus* spp.), oyamel, aile, tepozán, cedro blanco, fresno, capulín, tejocote y palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*; Aranda *et al.* 1999).

Con el aumento de la mancha urbana, en calles y predios se han introducido especies exóticas como el tamaris (*Tamarix* sp.), ciprés italiano y araucaria (*Araucaria heterophylla*), y como nativas se han conservado el capulín, tejocote, cedro blanco, tepozán y arce mexicano.

Región Sierra de Guadalupe

Situada en el extremo norte de la entidad, esta región se declaró zona de protección forestal en 1923. Comprende la ZSCE La Armella, la zona sujeta a conservación ecológica Sierra de Guadalupe y el Parque Nacional el Tepeyac, este último decretado por Lázaro Cárdenas el 18 de febrero de 1937. En 1976, se decretó como parque estatal forestal y el 29 de marzo de 1992 como ZSCE (PAOT 2010). Las dos primeras (18%) pertenecen a la delegación Gustavo A. Madero y el resto (82%) al Estado de México, es una de las áreas verdes importantes de la Ciudad de México porque favorece la infiltración, retención y recarga del acuífero (GDF 2003).

Miguel Ángel de Quevedo propuso las primeras reforestaciones, de 1907 a 1913, con eucalipto, casuarina, pino Monterrey (*Pinus radiata*) y especies nativas como el cedro blanco, fresno y el tejocote, formando bosques artificiales (Quevedo 1933, Vela y Flores 2000, GDF 2003). En 1928, nuevamente se llevaron a cabo trabajos de reforestación (Sociedad Forestal Mexicana 1928*a*, *b*).

En las partes altas, se encuentra mezquite (*Prosopis juliflora*), pirú y nopales (*Opuntia incarnadilla* y *O. tomentosa*); en la parte intermedia, el palo dulce, huizache (*Acacia schaffneri*), uña de gato (*Mimosa aculeaticarpa*), yuca (*Yucca filifera*), cuajiote (*Bursera fagaroides*). En las cañadas hay encinos (*Quercus microphylla*, *Q. rugosa* y *Q. castanea*; Vela y Flores 2000, GDF 2003). Las laderas más bajas han sido afectadas por la urbanización y se ha recurrido a la reforestación con especies nativas como el fresno y el cedro blanco, y exóticas como el pirú brasileño (*Schinus terebinthifolia*, figura 2j).

Región Sierra de Santa Catarina

Miguel Ángel de Quevedo reforestó esta región con las mismas especies que la sierra de Guadalupe. En las laderas norte y oeste se localizan eucaliptos, casuarinas, truenos, jacarandas (*Jacaranda mimosifolia*) y cedros (*Cedrus* sp.). En el año 1993, se realizaron reforestaciones en la zona. En 1994, se declaró ANP bajo la categoría de zona sujeta a conservación ecológica. Durante el periodo de 1995 a 2001, la Comisión de Recursos Naturales (CORENA) reforestó con casuarina, acacias (*A. retinodes* y *A. melanoxylon*), eucaliptos (*E. globulus* y *E. viridis*), cedro blanco y pino Monterrey. Estas especies no son adecuadas para la zona, por lo que se produjo una baja sobrevivencia y un impacto negativo sobre la flora y fauna nativa (GDF 2005).

Entre las especies arbóreas nativas están los encinos (*Quercus frutex*, *Q. laeta*, *Q. candicans*, *Q. rugosa*), el cuajiote, la uña de gato y la yuca (Vela *et al.* 2003).

A partir de 1998, la CORENA y el Programa Nacional de Reforestación (PRONARE) desarrollaron y establecieron una política de reforestación de la sierra de Santa Catarina, usando las

especies nativas antes mencionadas, producidas en los viveros comunitarios (Unión de Colonos San Miguel Teotongo 2003). Sin embargo, las reforestaciones no han progresado como se esperaba debido a la extracción de materiales como grava, arena y tezontle, y la zona urbana ha avanzado hacia las laderas que anteriormente eran zonas de cultivo, con la consecuente introducción de árboles exóticos.

Región Parques y Jardines Urbanos

Hace falta una definición clara de lo que es un parque o un jardín urbano. Por lo general, un parque tiene mayores dimensiones y un jardín está confinado a espacios reducidos que incluso pueden ser cerrados. El parque por lo general tiene una mayor infraestructura, por ejemplo un auditorio o un teatro al aire libre, una pista de patinaje, un pequeño centro comercial, incluso puede tener espacios deportivos y vegetación silvestre o cultivada. Un jardín, por el contrario, tiene espacios bien delimitados, está constituido por camellones para flores o arbustos, alberga prados con césped recortado, incluso algunos pueden tener juegos infantiles; adicionalmente se puede mencionar que requieren de mayor mantenimiento que un parque.

La historia de los parques y jardines urbanos se remonta a la época prehispánica. El rey Nezahualcóyotl creó jardines botánicos en Oaxtepec, Morelos; Texcoco, Estado de México, y el del Bosque de Chapultepec en el valle de México; el primero con diferentes especies y los siguientes con ahuehuete (*Taxodium mucronatum* figura 1*j*).

Después de la Conquista, se donaron tierras a los nuevos colonizadores y se crearon jardines-huertos. Un siglo después, las casonas o residencias de descanso tenían grandes jardines-huertos, un ejemplo es el Parque Lira, hoy delegación de Miguel Hidalgo, en donde se sembraron diferentes especies exóticas.

Para este trabajo se visitaron 27 parques, 18 jardines urbanos y cinco particulares. Los parques y jardines de la zona urbana presentan en general, las mismas especies de árboles, lo que varia es la composición de nativas y exóticas conforme su ubicación y la época de creación (cuadro 1).

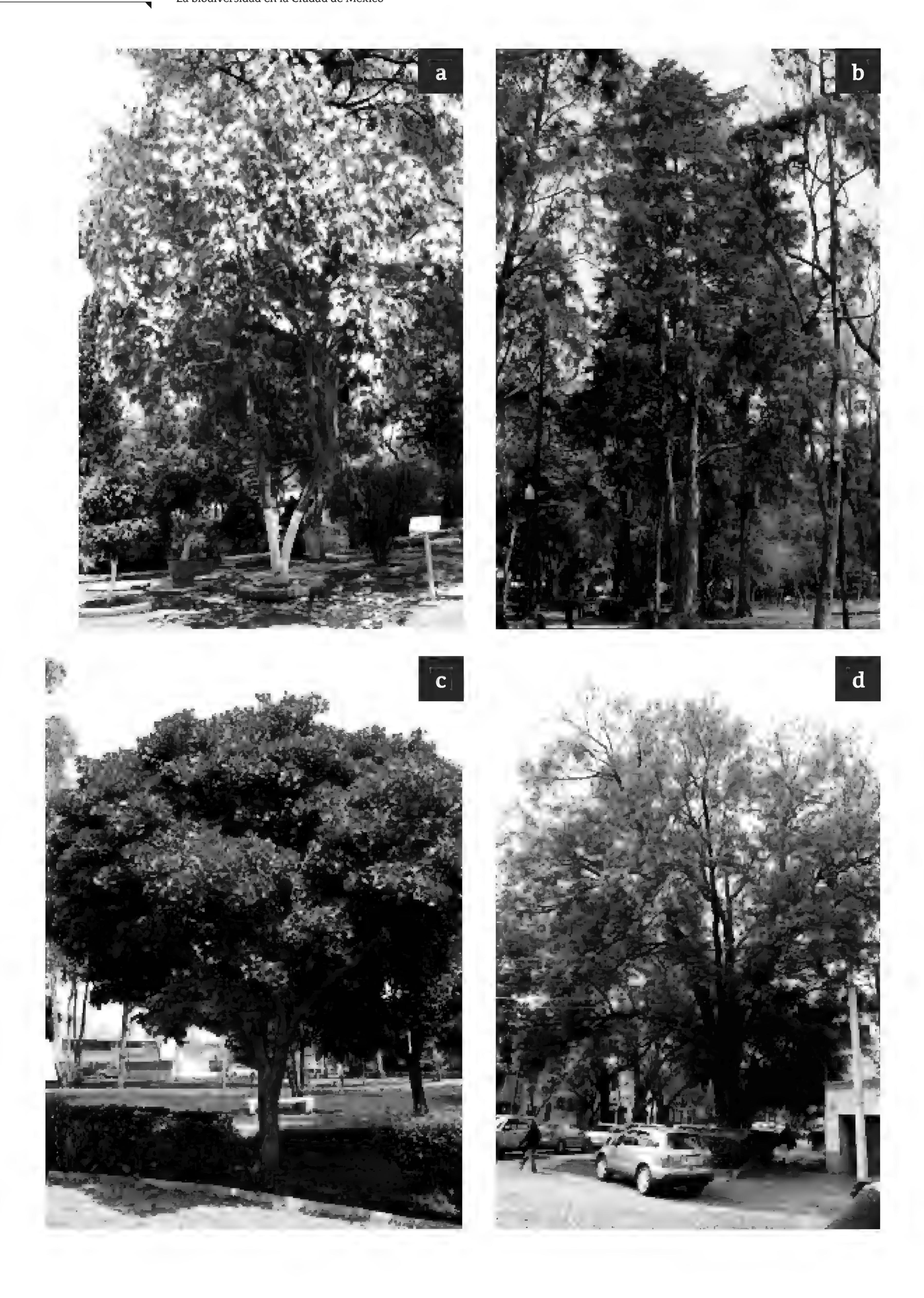
Diversidad y distribución

La diversidad de árboles urbanos en la entidad tiene un alto predominio de especies exóticas o introducidas (Rapoport *et al.* 1983, Martínez y Chacalo 1994, Rodríguez y Cohen 2003, Martínez 2008). Entre los espacios arbolados representativos de la ciudad (apéndice 15), destacan por su diversidad el Bosque de Chapultepec, los Viveros de Coyoacán, el Parque Zoológico los Coyotes, Ciudad Universitaria y el Parque Bicentenario (inaugurado en 2011), de los cuales los dos últimos tienen un jardín botánico.

Los árboles nativos más abundantes y utilizados para bosques, parques y jardines, así como para la alineación de avenidas y calles, varían según la región: así, en el noreste son el fresno y el cedro blanco, y en el suroeste y centro, el fresno (*Fraxinus udhei*, figura 1*d*), cedro blanco, ahuejote o sauce, colorín, el aile, acezintle, palma abanico (*Washingtonia robusta* figura 1*l*) y liquidámbar (*Liquidambar styraciflua* figura 1*f*). Las tres primeras, junto con el ahuehuete (que en 1921 se nombró árbol nacional de México), son considerados "monumentos urbanísticos o históricos" (GDF 2000*c*).

Los árboles exóticos más abundantes en la zona oeste y norte son las especies de eucaliptos, el trueno (*Ligustrum lucidum*, figura 2*g*), olmo chino, ficus benjamín (*Ficus benjamina*, figura 2*d*), en el oriente la casuarina, pirú del Brasil, eucaliptos, en el centro-sur abunda el trueno, jacaranda (*Jacaranda mimosifolia* figura, 2*f*), ciprés italiano (*Cupressus sempervirens*, figura 2*b*), olmo chino, palma canaria o palma fénix (*Phoenix canariensis*), ficus benjamín, níspero (*Eriobotrya japonica*).

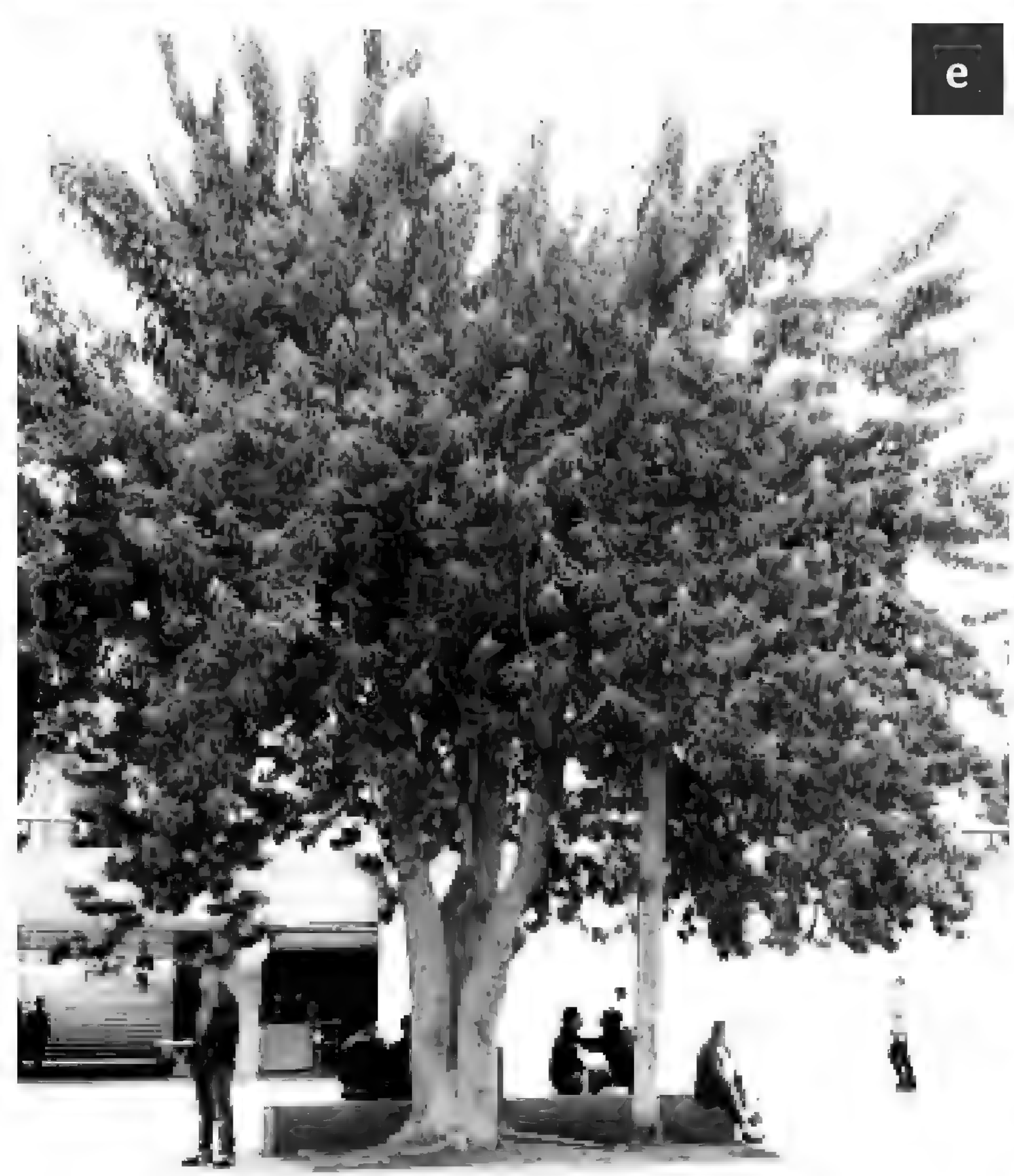
Del total de las especies nativas registradas, algunas de ellas tienen pocos individuos, como




d1


f


f1


e


f2


g
h
i
j

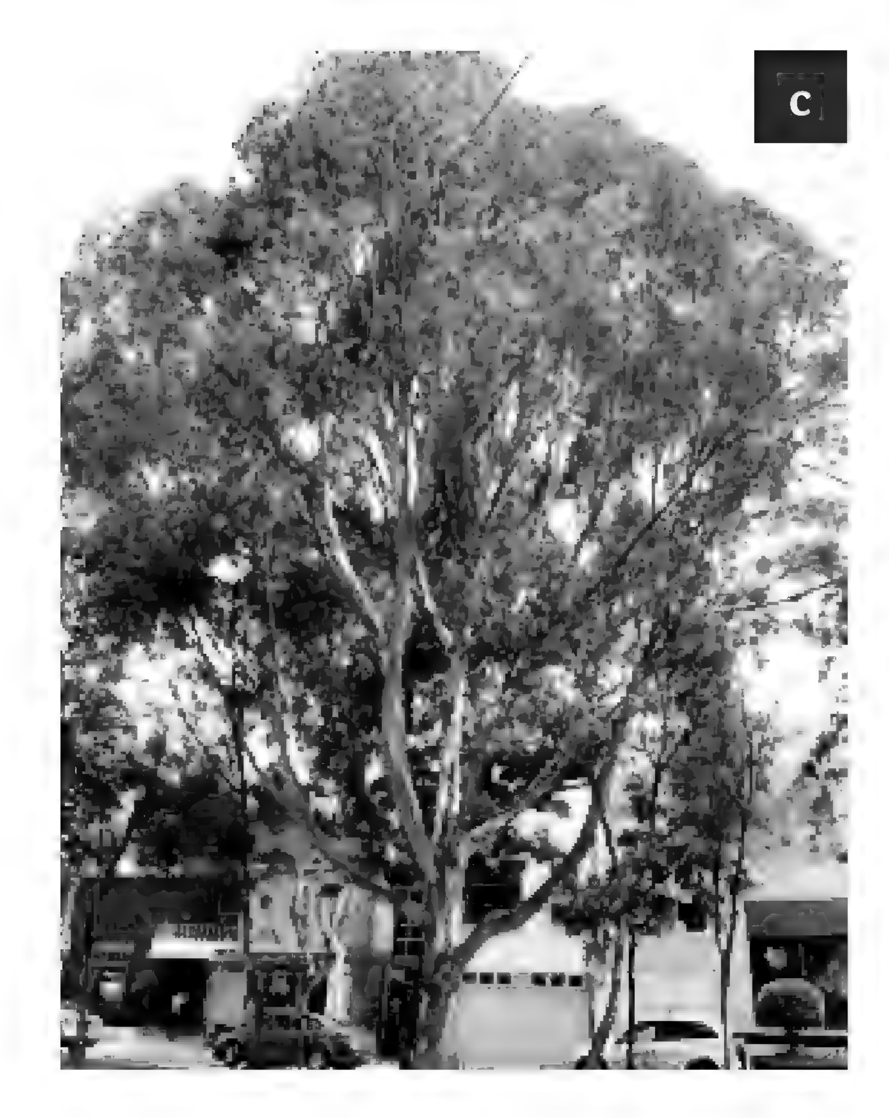


Figura 1. Árboles nativos: *a) Chiranthodendron pentadactylon; b) Cupressus lusitanica; c) Erythrina coralloides; d y d1) Fraxinus udhei; e) Ipomoea arborescens; f y f1) Liquidambar styraciflua; g) Oreopanax echinops; h) Pinus maximartinezii; i) Pinus patula; j, j1 y j2) Taxodium mucronatum; k) Salix bonplandiana, y l) Washingtonia robusta*. Fotografías: Aurora Chimal Hernández (*a, b, c, f1, g, i y k*) y Daniel Gaona Cervantes (*d, d1, e, f, h, j, j1, j2 y l*).


a


b


d


c


d1


e


f


f1


g


g1


h



Figura 2. Arboles exóticos: *a) Casuarina equisetifolia; b) Cupressus sempervirens; c) Eucaliptus* spp.; *d y d1) Ficus benjamina; e) Grevillea robusta; f y f1) Jacaranda mimosifolia; g y g1) Ligustrum lucidum; h) Magnolia grandiflora; i) Platycladus orientalis; j) Schinus terebinthifolia.* Fotografías: Aurora Chimal Hernández (*a, d, d1, c, f, g, g1 y h*) y Daniel Gaona Cervantes (*b, c, e, f1, i y j*).

el árbol de las manitas (*Chiranthodendron pentadactylon*, figura 1*a*), cazahuates (*Ipomoea arborescens*, figura 2*e*, así como *I. murocoides*), aralias (*Oreopanax echinops*, figura 1*g*; *O. peltatus* y *O. xalapensis*), sicomoro (*Platanus mexicana*) y el pino (*Pinus johannis*), pino piñonero (*Pinus maximartinezii*, figura 1*h*), estos últimos en la NOM-059-SEMARNAT-2010.

Entre las especies exóticas, está el tulipán africano (*Spathodea campanulata*), el ginkgo (*Ginkgo biloba*), la dracena indivisa (*Cordyline indivisa*) y otras más en jardines particulares, como las araucarias (*Araucaria bidwillii*, *A. heterophylla*), los cedros deodara (*Cedrus atlantica* y *C. deodara*), en Polanco y Unidad Independencia, la dombeya (*Dombeya spectabilis*), la chorisia (*Chorisia speciosa*), en Villa Olímpica y Polanco.

En la entidad existieron árboles urbanos enormes, posiblemente centenarios con más de 400 años, como *El Sargento*, en Chapultepec, y el *Árbol de la Noche Triste*, en Popotla; ambos ahuehuetes, hoy solo los troncos como monumentos. En el caso del fresno, frente a la Delegación de Tlalpan existe uno que se conoce como El Árbol del Ahorcado, porque en sus ramas se ejecutaba a los condenados en el siglo XIX. Al pie del árbol, existe una placa que así lo hace constar.

Lo mismo se puede decir de los encinos, ya que en el bosque de Tlalpan se cortó uno con más de 600 años (observación personal) para permitir el paso de vehículos. En cualquier caso es fundamental oponerse a que estos árboles históricos se destruyan, sin importar que sean abundantes.

Bosques urbanos

En la entidad se localizan seis bosques que se catalogan como áreas de valor ambiental (AVA): el cerro de Zacatépetl (Diario Oficial, 29 de abril del 2003), la Ciudad Deportiva Mixhuca (Diario Oficial, 27 de septiembre del 2006), el Bosque de Chapultepec con tres secciones (Diario Oficial, 2 de diciembre de 2003), San Luis Tlaxialtemalco (Diario Oficial, 4 de agosto del 2008), San Juan de Aragón (Diario Oficial, 12 de diciembre del 2008) y el Bosque de Nativitas, (Diario Oficial, 10 de junio del 2010), en el primero predominan varias especies de eucaliptos, los demás presentan especies nativas y exóticas: fresno, cedro blanco, eucalipto, casuarina, hule (*Ficus elastica*), grevilea, entre otras. Los más importantes son los siguientes:

Bosque de Chapultepec (Miguel Hidalgo). Es el más grande de la Ciudad de México y está dividido en tres secciones. Desde 2001 se considera AVA. La primera sección se clasifica como parque nacional y en ella aún quedan restos arqueológicos prehispánicos, los baños de Moctezuma, el acueducto y algunas de las acequias o desagües bordeadas de ahuehuetes (Guzmán y García 2001), los cuales están adaptados para vivir en las orillas de arroyos y ríos con una humedad constante en el suelo. No obstante, desde hace 30 años se ha observado el deterioro de estos árboles debido a la falta de agua en el subsuelo (Tovar 1982), lo que los hace vulnerables a plagas y enfermedades. Entre las especies nativas están el ahuehuete, el fresno, el cedro blanco, el negundo y algunos ejemplares de encino, ocote, pino piñonero (*Pinus cembroides*), pino grey (*Pinus greggii*), pino colorado (*Pinus patula*, figura 1*i*) entre otros (GDF 2006). Las especies exóticas más abundantes son el eucalipto, el trueno, el pirú del Brasil, la mora negra (*Morus nigra*), los álamos (*Populus* spp.); sobresalen algunos ejemplares de secuoya de California (*Sequoia sempervirens*), considerada de las más altas del mundo en su medio natural, el sicomoro, los cedros deodara (*Cedrus deodara*), el ombú (*Phytolacca dioica*), el eucalipto (*Eucalyptus tereticornis*) y el ginkgo. En la segunda sección, las especies nativas más abundantes son el cedro blanco y el fresno. En reforestaciones recientes se han plantado especies nativas como el pino y el colorín, de las exóticas: el eucalipto, el trueno, las casuarinas, la tulia (*Platycladus orientalis*, figura 2*i*) y la jacaranda.

En la tercera sección las especies nativas que abundan son: el tepozán y, como alineación, el fresno y cedro blanco; las especies exóticas son los eucaliptos (*E. camaldulensis* y *E. globulus*), el trueno, la grevilea (*Grevillea robusta*) y la tulia. Ambas secciones se clasifican como Zonas de Conservación Ecológica ZSCE (GDF 2006, PAOT 2010).

Bosque de San Juan de Aragón (Gustavo A. Madero) y *Bosque de Nativitas* (Xochimilco). Miguel Ángel de Quevedo, a principios del siglo XX, consideró estos espacios como viveros para el cultivo de diferentes especies arbóreas. En 1933, se convirtieron en bosques de casuarinas y eucaliptos de diferentes especies. El primero, por su superficie, es una de las áreas verdes más importantes de la Ciudad de México, se inauguró en el año de 1964 y se han plantado especies exóticas como acacias y tamaris; entre las especies nativas se pueden observar fresnos, cedro blanco, colorín y tepozán (SMA 2003). El bosque de Nativitas es AVA con categoría de bosque urbano. En la última reforestación, se sembraron árboles nativos como el cedro blanco, el fresno y, entre las exóticas, el eucalipto, la grevílea, el trueno y la acacia; también se realizaron trabajos de poda sanitaria (GDF 2010).

Bosque de San Luis Tlaxialtemalco (Xochimilco). También es considerado como AVA. En este lugar hay especies nativas como el fresno, el cedro blanco, el negundo, los ahuejotes, el capulín, el tejocote y especies exóticas como el álamo plateado o blanco (*Populus alba*), los eucaliptos y árboles frutales como el duraznero, el peral, el chabacano y el olivo. En el 2013, se inició una poda sanitaria.

Alamedas

Existen ocho alamedas en la Ciudad de México: la Alameda Central y la de Santa María la Ribera (Cuauhtémoc), la del Norte (Azcapotzalco), Oriente y Ánfora (Venustiano Carranza), Poniente (Cuajimalpa), Tacubaya (Miguel Hidalgo) y Alameda Sur (Coyoacán). En éstas se pueden observar especies nativas como el fresno, el cedro blanco y la yuca (*Yucca guatemalensis*), así como plantaciones de eucaliptos, casuarinas, ciprés italiano, pirú del Brasil y árboles frutales, todos ellos especies introducidas.

A continuación se presentan las tres alamedas que se consideran más importantes por su historia, tamaño e infraestructura.

Alameda Central o Paseo de la Alameda (Cuauhtémoc). Desde el punto de vista histórico, es la más importante de la ciudad, fue el primer espacio recreativo y se construyó de 1590 a 1592. El nombre se debe a que originalmente se plantaron álamos, pero como éstos crecían lentamente se cambiaron por sauces exóticos, como el sauce llorón y el fresno (*Fraxinus excelsior*). A principios del siglo XVIII, la Alameda era el único sitio recreativo de la ciudad. Para el siglo XIX, se convirtió en el paseo más hermoso, de 1864 a 1867 estuvo bajo el cuidado de la emperatriz Carlota (Larrucea 2001). Durante el siglo XX, la Alameda experimentó múltiples remodelaciones con diversos árboles nativos, como el fresno, y exóticos, como la casuarina, el trueno, la grevilea y la magnolia (*Magnolia grandiflora*; figura 2*h*). La remodelación más reciente se inició en marzo de 2012, por el Gobierno del Distrito Federal, se hicieron trabajos de recuperación y mantenimiento; durante la restauración de las áreas verdes se sembraron álamos, fresnos, jacarandas y magnolias.

Santa María la Ribera (Cuauhtémoc). Se construyó como espacio recreativo para el fraccionamiento del mismo nombre. La mayoría de los árboles que se encuentran son jacarandas, álamos y eucaliptos, probablemente sembrados en los años cuarenta. En el año 2010, se reforestó principalmente con fresnos.

La Alameda Oriente (Venustiano Carranza). Es un parque público con una gran extensión, en él se observa principalmente un bosquecillo de eucaliptos y de casuarinas muy bien alineados. También hay cedro blanco, negundo y pino

Monterrey. Durante la remodelación que se hizo en el 2012, se sembraron ahuehuetes y ahuejotes que están alineados en el borde del lago artificial. Además se encuentran árboles exóticos, como la grevilea y el trueno.

Parques ecológicos

En la ciudad, hay cinco parques ecológicos registrados en la Gaceta Oficial: Huayamilpas (Coyoacán), el de la Ciudad de México, Loreto y Peña Pobre (Tlalpan), el Parque Ecológico de Cuemanco (Xochimilco) y, finalmente, el Parque Ecoguardas.

El más importante es el Parque de la Ciudad de México, por conservar la vegetación nativa de bosque templado, fuente de germoplasma para la reforestación y restauración de la región. Huayamilpas conserva la flora característica del Pedregal de San Ángel, además de encinos, tepozán y palo dulce. El de Loreto y Peña Pobre, también llamado El Manantial porque un manantial existe dentro del parque, conserva fresnos cercanos a los 200 años. El Parque de Cuemanco, incluido en la lista de sitios Ramsar (2004) con el nombre de Sistema Lacustre de los Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, fue creado y reforestado con árboles nativos y exóticos. El Parque Ecoguardas es considerado parque urbano con categoría zona de conservación ecológica (ZCE) desde noviembre de 2006.

Avenidas y calles principales

Los primeros árboles de alineación utilizados para las avenidas y calles fueron exóticos, durante la época porfiriana en las vialidades principales. En la avenida Juárez, se utilizaron álamos; en Reforma, entre Bucareli y Mechor Ocampo, álamos, cedros deodaras, araucarias y eucaliptos, y a la altura del Bosque de Chapultepec, sicomoros o plátanos. Muchos de ellos todavía se pueden observar y otros han sido reemplazados por fresnos, palma canaria y ahuehuete. Con el crecimiento de la ciudad en las colonias Polanco, Roma y Condesa, se utilizaron principalmente el álamo de Canadá (*Populus x canadensis*) y el chopo (*Populus deltoides*); al igual que en las avenidas Altavista y Plutarco Elías Calles entre otras, en los últimos años éstos han sido sustituidos por fresnos, ficus benjamín y laurel de la India. Algunos individuos de eucalipto de bastante edad y casuarina se observan en las principales avenidas de las delegaciones Azcapotzalco, Gustavo A. Madero, Iztacalco e Iztapalapa, mientras que en algunas calles del Centro Histórico se han plantado liquidámbares y fresnos.

En las colonias Tlalpan Centro y Toriello Guerra, pueden verse truenos, nísperos, liquidámbar, ailes y fresnos, de este último todavía existen árboles centenarios. En la avenida de Las Palmas en las Lomas de Chapultepec y en en el tramo de Periférico Sur, entre calzada Xochimilco y Canal Nacional, hay palmas canarias. Otro árbol introducido a principios del siglo pasado por el ingeniero Quevedo es el almez (*Celtis australis*), el cual se encuentra en Ciudad Universitaria y en algunos de los parques más antiguos, como el Parque México, Parque España, el Bosque de Chapultepec y en las colonias del Valle y Narvarte.

En las avenidas de los Insurgentes, División del Norte y en la lateral Río Churubusco se sembraron álamos del Canadá y chopos. Algunos de ellos han sido reemplazados por fresnos o bien por olmos chinos, patas de vaca o árboles de orquidea (*Bauhinia monandra*) y ficus benjamín, siendo éste último una de las especies más utilizadas desde hace 40 años en la mayoría de las delegaciones.

Con la construcción del segundo piso del Periférico, en las áreas verdes de las delegaciones Magdalena Contreras y Tlalpan, se plantaron truenos, nísperos, calistemos, cepillos, lavabotellas (*Callistemon citrinus*), acacias azules y calistemos llorones (*Callistemo viminales*).

Amenazas

La diversidad de los árboles urbanos y la abundancia de especies puede verse afectada seriamente por diversos agentes, causales propios de la ciudad. En las grandes ciudades, los árboles urbanos sufren fuertes cambios en su crecimiento y desarrollo debido a su entorno, esto los hace vulnerables a enfermedades y plagas. Las principales amenazas (Corona 1974) a las que se enfrentan son:

1. La introducción de nuevas especies exóticas, que podría representar un peligro para la diversidad de árboles nativos, ya que las especies arbóreas tienen alta producción de semillas, rápido crecimiento o alelopatía ejercen presión sobre las demás plantas. Algunos ejemplos son el eucalipto, la grevílea, la higuerilla, el clavo ondulado (*Pittosporum undulatum*) y el trueno.
2. La persistencia en la utilización de especies que no son apropiadas para la ciudad, omitiendo las recomendaciones de especialistas, como se puede constatar en el Proyecto de Norma Ambiental del 27 de junio del 2013, en el que se proponen para la reforestación por lo menos nueve especies nativas y exóticas de clima tropical.
3. La urea, de la orina de los perros, que puede ser un fertilizante en cantidades bajas, pero que en altas concentraciones, como se ha detectado en la base del tronco de los árboles, es perjudicial en el desarrollo radical y del tronco.
4. Es común que los árboles se siembren en suelos compactados, contaminados con cascajo, basura y otros elementos extraños que afectan el desarrollo de las raíces y, por tanto, su crecimiento.
5. La falta de previsión del agua necesaria para regar las plantaciones durante la época de sequía. Los estudios han demostrado que las raíces no se desarrollan lo suficiente como para alcanzar los mantos freáticos, lo que impide que se puedan establecer por sí mismas (Tovar 1982).
6. La forma poco ortodoxa de regar, hecha con carros cisterna y una manguera de cuatro pulgadas de diámetro que emiten chorros a presión, impide que los árboles adquieran la humedad necesaria; además de que con este sistema por lo menos la mitad del agua de riego se pierde.
7. La gran cantidad de áreas pavimentadas impide la recarga de los mantos acuíferos y causa la muerte de raíces. El deterioro de las áreas verdes reduce parte del anclaje, sobre todo en época de estiaje, provocando la caída de árboles en la época de lluvias y vientos fuertes.
8. La falta de ejecución de las políticas de ordenamiento urbano ocasiona la expansión no controlada de la urbanización, lo que ejerce una presión fuerte sobre las áreas con vegetación nativa, provocando su pérdida y propiciando la introducción de árboles exóticos.
9. Falta de comunicación entre las dependencias encargadas de liberar los cables de electricidad y la de servicios urbanos de cada delegación, para que el manejo del arbolado se realice de una manera adecuada conforme a lo que establecen las Normas Ambientales NADF-001-RNAT-2002 y NADF-006-RNAT-2004. Ya que al no contemplar estas normas se propicia la mayor incidencia de plagas y enfermedades, ocasionando con el tiempo la muerte de los árboles.

Recomendaciones

Es importante seguir con las acciones para conocer, recuperar y mantener un arbolado saludable en las diferentes áreas verdes de la Ciudad de México. A continuación se proponen algunas estrategias para obtener mejores resultados:

1. Realizar mayor difusión de los manuales y folletos de divulgación que se han escrito

para instituciones federales y locales, pues en ellas se establecen los lineamientos para un mantenimiento y manejo adecuado del arbolado.

2. Monitorear las especies que han demostrado tener capacidad de adaptación al ambiente, tipo de suelo y microclima de cada zona de la ciudad. Una vez identificadas las especies adecuadas, se debe elaborar una lista para cada región, de acuerdo con las condiciones ambientales.
3. La selección de especies para la reforestación es de suma importancia y se recomienda dar preferencia a los árboles nativos y naturalizados procurando que el suelo sea el adecuado y que además contenga micorrizas. En el caso de utilizar especies exóticas, es importante conocer el origen, sus requerimientos mínimos, crecimiento máximo de follaje y altura, además del desarrollo de sus raíces.
4. El uso de especies de madera dura es preferible en las zonas de la Ciudad de México, donde ocurren vientos de gran intensidad, pues son menos susceptibles al desgajamiento de las ramas y troncos.
5. El control de la selección de especies y los lugares de plantación deben estar a cargo de especialistas.
6. En el caso de la reforestación de las chinampas de Xochimilco y Tláhuac, se propone un programa de propagación vegetativa por acodos, técnica que permite obtener individuos de un tamaño hasta de 5 m, con un diámetro de 20 cm en un menor tiempo, a partir de árboles sanos (Hartmann y Kester 1987, Juárez 2011).
7. Se propone la creación de bosques urbanos, dado que la agrupación de árboles favorece su crecimiento, desarrollo, resistencia e intercambio genético; en comparación con las áreas fragmentadas, donde los árboles aislados son vulnerables a toda clase de daños.
8. Evitar el aumento de la mancha urbana, expropiar predios deshabitados o empresas que hayan dejado de funcionar, como la cementera Tolteca y tiraderos de basura como el Bordo de Xochiaca, entre otras áreas. Un ejemplo de cambio de uso de suelo expropiado, es la refinería 20 de Marzo, que ahora es el Parque Bicentenario en la delegación Azcapotzalco, inaugurado en el año 2010.
9. Para que una campaña de reforestación tenga éxito se requiere de una gran labor de educación, en la que se instruya sobre el manejo de los árboles, principalmente a los maestros de escuelas de enseñanza media-superior, para que a su vez ellos ejerzan un efecto multiplicador enseñando a los alumnos, además de la participación de la sociedad civil, las organizaciones no gubernamentales (ONG) y empresas privadas.

Conclusión

La Ciudad de México tiene una diversidad importante de árboles urbanos, con un total de 219 especies: 96 nativas y 123 exóticas distribuidas en las seis regiones; las que tienen mayor diversidad de especies nativas son Bosques y Cañadas, Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, Sierra de Guadalupe y Sierra de Santa Catarina. Las especies nativas más comunes y abundantes son el fresno, el cedro blanco, el ahuejote, el colorín, el liquidámbar y el ahuehuete.

La diversidad y distribución de árboles exóticos sigue siendo mayor que las de árboles nativos, con representantes de los cinco continentes: 46 especies de Asia, 22 de Australia y Nueva Zelanda, 18 de América del Norte, 10 de América del Sur, nueve del Mediterráneo, nueve de África, ocho de Europa y un híbrido de América del Norte y Europa. Con excepción del eucalipto y la casuarina, estas especies siguen ocupándose para las reforestaciones, siendo las más comunes el ficus benjamín, el trueno, la grevilia y el níspero.

Se ha notado que con el cambio climático global y los microclimas de las diferentes

regiones de la ciudad, la floración de algunas especies como la jacaranda, el trueno y la magnolia se ha adelantado de uno a tres meses, y se han podido establecer especies de clima cálido como la amapola (*Pseudobombax ellipticum*), el zapote negro (*Diospyros digyna*), el tulipán africano (*Spathodea campanulata*), el framboyán (*Delonix regia*) y la chorisia (*Chorisia speciosa*).

Las autoridades y la ciudadanía, deben estar comprometidas a ejecutar las normas para la conservación y manejo de las áreas verdes para reducir el riesgo del arbolado a sufrir daños físicos y fisiológicos.

Las áreas arboladas de la ciudad deben considerarse como un patrimonio natural y estético que se debe recuperar, proteger y conservar, pues sólo de esta manera y con el esfuerzo de toda la sociedad, el arbolado urbano podrá tener un futuro mejor.

Agradecimientos

Agradecemos a Claudia Hernández Díaz, Mónica Genis Chimal y Daniel Gaona Cervantes por la valiosa ayuda y apoyo durante la elaboración de este trabajo, a las oficinas pertinentes de las 16 delegaciones de la Ciudad de México, por la información proporcionada, y a los árbitros de la CONABIO, por sus acertados comentarios en la revisión.

Referencias

Aranda, M., M. Gual-Díaz., O. Monroy-Vilchis, *et al.* 1999. Aspectos etnoecológicos: aprovechamiento de la flora y fauna silvestres en el sur de la Cuenca del Valle de México. Pp. 263-283. En: *Biodiversidad de la región de montaña del sur de la cuenca de México: una revisión de su importancia biológica*. A. Velázquez y F. J. Romero (Comp.). Universidad Autónoma Metropolitana Unidad Xochimilco (UAM-X) y Secretaria del Medio Ambiente Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural. México.

Batalla, M.A. 1944. *Guía para conocer las plantas más comunes en Chapultepec*. UNAM. México.

Ballester, A., A.M. Arias, B. Cobián, E. López Calvo y E. Vieitez. 1982. Estudio de potenciales alelopáticos originados por *Eucalyptus globulus* Labill., *Pinus pinaster Ait.* y *Pinus radiata* D. *pastos* 12(2):239-254.

Cayeros, R. 1981. *Árboles (Dicotiledóneas) de la Ciudad de México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Carbajal, R. 1970. *Las gimnospermas cultivadas en la ciudad de México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Cerda, M. de la. 1970. *Las monocotiledóneas cultivadas en la Ciudad de México*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

CONABIO. 2012. Árboles más comunes de la ciudad de México. Guía de campo. En: *<http://www.biodiversidad.gob.mx/Difusion/cienciaCiudadana/aurbanos/pdf/GuiaArboles_v3.pdf>*, última consulta: 12 de diciembre de 2012

Convención sobre los Humedales Ramsar. 2004. Ramsar Sites Information Service. En: *<http://ramsar.conanp.gob.mx/sitios.php>*, última consulta: 28 de mayo de 2013.

CORENA. Comisión de Recursos Naturales. 2013. Oficio SEDEMA/DGCORENA/291/2013. Comunicación oficial, febrero.

Corona, N.E.V. 1974. La vegetación en el medio urbano. *Biología*. 4(4):117-126.

——. 1979. *El arbolado urbano en el Distrito Federal*. Comisión Coordinadora para el Desarrollo Agropecuario del Distrito Federal (COCODA). México, D. F.

Corona, N.E.V. y A. Chimal H. 2006. *Plantas mexicanas con potencial ornamental*. UAM-X. México, D.F.

Chacalo, H.A. y V. (eds.) Corona N.E. 2009. *Árboles y arbustos para ciudades*. Tesis Doctoral, UAM. México.

Chimal, H.A. y F.C. Arana. 2013. Actualización de la flora vascular de la zona lacustre del ejido San Gregorio Atlapulco, Xochimilco. México (inédito).

DDF. Departamento del Distrito Federal. 1992. Declaratoria que establece como zona prioritaria de preservación y conservación del equilibrio ecológico y se declara como área natural protegida, bajo la categoría de zona sujeta a conservación ecológica, la superficie que se indica de los ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco, D. F. 11 de mayo 1992.

Domínguez, R.I. 1997. Caracterización de los suelos. Pp. 17-30. En: *Ecología del humedal de San Pedro Tláhuac. Un sistema lacustre del Valle de México*. T. Barreiro-Güemes, R. Sánchez-Trejo, A. Aguirre-León y L. A. Ayala–Pérez (Comp.) UAM-X. México.

GDF. Gobierno del Distrito Federal. 2000*a*. *Manual técnico para la poda, derribo y trasplante de árboles y arbustos de la Ciudad de México*. Gobierno del Distrito Federal, Banco Interamericano de Desarrollo, SEDEMA. México.

——. 2000*b*. *Manual técnico para el establecimiento y manejo Integral de las áreas verdes urbanas del Distrito Federal*. Tomo I. Gobierno del Distrito Federal, Banco Interamericano de Desarrollo, SEDEMA. México.

——. 2000*c*. Decreto de ley de salvaguarda del patrimonio urbanístico arquitectónico del Distrito Federal. Publicado el 13 de abril del 2000 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

——.2001. *Manual Técnico para el Establecimiento y Manejo Integral de las Áreas Verdes Urbanas del Distrito Federal*. Tomo II. Gobierno del Distrito Federal, Banco Interamericano de Desarrollo, SEDEMA. México, D.F.

——. 2003. Acuerdo por el que se aprueba el programa de manejo del área natural protegida con la categoría de zona sujeta a conservación ecológica denominada "Sierra de Guadalupe". Publicado el 2 de diciembre de 2003. Texto vigente.

——. 2005. Acuerdo por el que se aprueba el programa de manejo del área natural protegida con carácter de zona de conservación ecológica "Sierra de Santa Catarina". Publicado el 19 de agosto de 2005. Texto vigente.

——. 2006. Acuerdo por el que se aprueba el programa de manejo del área de valor ambiental del Distrito Federal, con la categoría de bosque urbano denominada "Bosque de Chapultepec". Publicado el 17 de noviembre de 2006. Texto vigente.

——. 2010. Decreto por el que se declara como área de valor ambiental, bajo la categoría de bosque urbano, al bosque de Nativitas. Publicado el 10 de junio de 2010. Texto vigente.

González, P.A. 2010. *Las Chinampas de Xochimilco al despuntar el siglo XXI: inicio de su catalogación*. UAM-X.

Guzmán y García, L.M. 2001. Hacia una historia del Jardín Mexicano. En: *Jardines históricos, expresión de arte y naturaleza*. M.C. Capitanachi (comp.). Instituto Mexicano Veracruzano de Cultura, Veracruz, Ver. pp. 27-36.

Hartmann, H.T., W.J. Flocker y A.M. Kofranek. 1981. Landscaping for the home and community. Pp 472-484. En: *Plant Science Growth, Development and Utilization of Cultivated Plants*. Prentice-Hall Inc.

Hartmann, H.T. y D.E.. Kester. 1987. *Propagación de plantas; principios y prácticas*. CECSA. México.

Infodf. Instituto de Acceso a la Información Pública y Protección de Datos Personales del Distrito Federal. 2011. Solicitud de Información Pública INFOMEX oficio DT/DGJG/03545/2011. Comunicación oficial, mayo.

Juárez, L. 2011. Ejidatario de Xochimilco. Comunicación personal, diciembre.

Larrucea, G.A. 2001. Jardines Históricos de la Ciudad de México. pp. 65-77. En: *Jardines Históricos, Expresión de Arte y Naturaleza*. M. C. Capitanechi (comp.). Instituto Mexicano Veracruzano de Cultura, Veracruz, Ver.

Lesur, L. 2011. *Árboles de México*. Trillas. México.

Martínez, M. 1937. *Catálogo de nombres vulgares y científicos de plantas mexicanas*. Ediciones Botas. México.

Martínez, G.L. y A. Chacalo H. 1994. *Los árboles de la Ciudad de México*. UAM-A. México.

Martínez, G.L. 2008. Fichas descriptivas de las especies arbóreas. pp.129-469. En: *Árboles y Áreas verdes Urbanas de la Ciudad de México y su zona Metropolitana*. Fundación Xochitla A. C. CONABIO. Deloitte. Tepotzotlán, Estado de México.

Nuttall, Z. 1923. Los jardines del antiguo México. En: *Memorias de la Sociedad Álzate*. Tomo I. PAOT. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial. 2010. *Estudio Sobre la Superficie Ocupada en Áreas Naturales Protegidas del Distrito Federal*. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial.

PAOT. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial. 2010. *Presente y Futuro de las Áreas Verdes y del Arbolado de la Ciudad de México*. Ciudad de México Capital en Movimiento. PAOT y GRUPO CAABSA.

Quevedo, M.A. de. 1926. Los desastres de la deforestación en el Valle y Cuidad de México. *México Forestal* 4(7-8):67-82.

——. 1927*a*. Las polvaredas de los terrenos tequezquitosos del antiguo Lago de Texcoco y los procedimientos de enyerbe para remediarlas *México Forestal* 5(5-6):39-52.

——. 1927*b*. Especies de árboles que recomendamos para la repoblación forestal en las tierras templadas y frías. *México Forestal* 5(5-6):60-61

——. 1928*a*. La necesidad de establecer un servicio de arboledas en los nuevos caminos nacionales que se construyen y de protección forestal de las zonas circunvecinas. *México Forestal* 6(2):23-28

——. 1928*b*. La lucha de la Sociedad Forestal Mexicana por los espacios libres de la Ciudad de México y su adaptación a parques y jardines. *México Forestal* 6(7):143-146.

——. 1933. Informe sobre parques nacionales y reservas forestales en el valle de México. *México Forestal* 11(1):1-6.

Rapoport, E.H., M.E. Díaz-Betancourt e I. López-Moreno. 1983. *Aspectos de la ecología urbana en la Ciudad de México. Flora de las calles y baldíos*. Instituto de Ecología. Museo de Historia Natural de la Ciudad de México y Limusa. México.

Rivas, T.D. 2000. *Manual de Poda para Árboles Urbanos*. Universidad Autónoma de Chapingo. México.

Rodríguez, S. L. *M. y F. E. Cohén. (Eds.). 2003. Guía de Árboles y Arbustos de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México.* REMUCEAC, UAM. Gobierno del Distrito Federal. México.

Romero, M. F. y A. Velázquez. 1999. La región de montaña del sur de la cuenca de México: una revisión de su importancia biológica. Pp. 40-45. En: *Biodiversidad de la Región de Montaña del Sur de la cuenca de México*. A. Velázquez y F. J. Romero (comp.) UAM-X y Secretaría del Medio Ambiente-Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural. México D.F.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2008. *¡Apapacha un árbol! Reforestación escolar. Manual para maestros y manual para alumnos*.

——. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

SMA. Secretaría del Medio Ambiente. 2003. El portal de la Secretaría del Medio ambiente del Gobierno del Distrito Federal. En: <*http://www.sma.df.gob.mx/sma/index.php?opcion=26&id=43*>, última consulta: 12 febrero del 2013

——. 2005. Norma Ambiental para el Distrito Federal NADF-006-RNAT-2004. Publicada el 18 de Noviembre de 2005 en la Gaceta Oficial del Distrito Federal. Texto vigente.

Simonian, L. 1999. *La defensa de la tierra del jaguar: Una historia de la conservación en México*. SEMARNAP, INE-CONABIO-IMERNAR, México.

Sociedad Forestal Mexicana. 1928. Las repoblaciones forestales de la presente estación favorable. *México Forestal* 6(8):149-159.

Tovar de Teresa, L. 1982. *Estudio descriptivo de los árboles y arbustos más comunes del Bosque de Chapultepec*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias. UNAM. México.

UNESCO. Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura. 1987. Lista del Patrimonio Mundial. Centro Histórico de México y Xochimilco. En: <*http://portal.unesco.org/es/ev.php-URL_ID=45692&URL_DO=DO_TOPIC&URL_SECTION=201.html*>, última consulta: 28 de mayo de 2013.

Unión de Colonos de San Miguel Teotongo, A.C. 2003. Defensa, Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente y Los Recursos Naturales de la Sierra de Santa Catarina, Iztapalapa, Distrito Federal. *Revista Futuros*. 1(3). En: <*http://www.revistafuturos.info/futuros_3/santa_cat1.htm*>, última consulta: 29 de mayo de 2013.

Vela, G. y D. Flores R. 2000. Caracterización física, química y mineralógica de algunos suelos de la Sierra de Guadalupe. pp. 102-107. En: *La edafología y sus perspectivas al Siglo* XXI, Tomo I. R. Quintero-Lizaola, T. Reyna-Trujillo, Corlay-Chee, A. Ibañez-Huerta y N.E. García Calderón (eds.). UNAM, Colegio de Postgraduados, Universidad Autónoma de Chapingo, México.

Vela, C.G., A. Farina P.C. y L. Rodríguez G. 2003. La Vegetación de la Sierra de Santa Catarina. En: *El agua en la cuenca de México. Sus problemas históricos y perspectivas de solución*, Tomo II. E. Stephan-Otto (Coord.). UAM-Patronato del Parque Ecológico de Xochimilco, A.C. México, D. F. pp. 220-233.

Vela, C.G. y M.L. Rodríguez G. 2007. Los Olivos Centenarios de la Ciudad de México. *ArbóreA* 8(22-23): 35-43.

Leguminosas (Leguminosae)

Rafael Torres Colín

Descripción

Las leguminosas son hierbas, arbustos, árboles, enredaderas o lianas con hojas usualmente compuestas. Sus flores son pequeñas y simétricas, dispuestas en espigas y cabezuelas, con muchos estambres, o flores más grandes, asimétricas, dispuestas en racimos, con los pétalos abiertos o cerrados en un arreglo más complejo, como las flores del frijol o el chícharo. Los pétalos son predominantemente de color rosa, amarillo o violeta. El fruto es una legumbre.

Diversidad y abundancia

Entre las plantas con flor, la familia Leguminosae o Fabacea es una de las que tienen mayor número de especies a nivel mundial. Lewis y colaboradores (2005) reconocen 19 325 especies en 727 géneros. Sus productos han sido de una gran relevancia económica. En la alimentación, algunos ejemplos son el frijol (*Phaseolus vulgaris*), cuyo género concentra su riqueza en México, la soya (*Glicine max*), el cacahuate (*Arachis hypogaea*) y la alfalfa (*Medicago sativa*); en la medicina, el sen (*Senna alexandrina*) y el algarrobo (*Ceratonia latisiliqua*); en la industria, la goma arábiga (*Acacia senegal*), y en horticultura ornamental, los "arboles de orquídeas" (especies de *Bauhinia*), que son utilizados con frecuencia como elementos del paisaje urbano.

México es considerado uno de los principales centros de riqueza de leguminosas. Cuenta con 1 850 especies en 139 géneros (Sousa y Delgado 1998), siendo el estado de Oaxaca el más rico, con más de 800 especies, seguido de Chiapas con cerca de 580 especies (cuadro 1).

El conocimiento de la riqueza y diversidad de leguminosas en la Ciudad de México se debe principalmente a los estudios florísticos realizados por Sánchez (1979), cuya obra contiene claves de identificación de familias y géneros, descripciones e ilustraciones de las especies del valle de México. Rzedowski y colaboradores (2001), además de claves y descripciones, incorporaron los cambios de nomenclatura que han sufrido muchos géneros y especies, así como su distribución en el Valle de México. Valiente y De Luna (1990) actualizaron una lista florística para la reserva del Pedregal de San Ángel. Rivera y Espinosa (2007) realizaron el inventario de la flora vascular de la ciudad, basado en aproximadamente 3 mil ejemplares botánicos, así como en la revisión de herbarios y registros reportados en la literatura.

La finalidad de esta contribución es analizar la riqueza, rareza (endemismo) y uso de las especies de leguminosas en la capital del país, como un grupo de plantas importante para ser tomado en cuenta en el diseño de estrategias de conservación de la biodiversidad de la entidad. El trabajo está basado en los estudios florísticos arriba mencionados con algunas adiciones (de especies nativas e introducidas), actualizaciones nomenclaturales y una revisión

Torres-Colín, R. 2016. Leguminosas (Leguminosae). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.146-150.

Cuadro 1. Riqueza de especies de leguminosas en México y en algunas de sus entidades.

Entidad	Géneros	Especies	Infraespecies	Fuente	% de especies
México	139	1850	-	Sousa y Delgado 1998	100
Oaxaca	123	811	53	Sousa *et al.* 2012	43.8
Chiapas	106	579	27	Breedlove 1986	31.29
Ciudad de México	29	87	3	Rivera y Espinosa 2007	4.70
Ciudad de México	33	97	15	Esta contribución	4.86

Fuente: elaboración propia con la fuentes señaladas.

de la distribución geográfica de cada una las especies. La información sobre su estatus de protección fue obtenida del análisis de fuentes como la Norma Oficial Mexicana 059 (SEMARNAT 2010), los Apéndices I, II y III de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora silvestres (CITES 2012) y de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN 2012). Para obtener información sobre el uso de algunas especies en la medicina tradicional mexicana se consultó la obra coordinada por Argueta y colaboradores (1994), y para los demás usos se consultaron otras fuentes como Caballero y colaboradores (2004), Dorado y colaboradores (2005), Riba (2006) y Cabello y colaboradores (2009).

Riqueza y endemismo

En México, y en particular en su capital, las leguminosas están entre las familias más importantes de plantas por su riqueza vegetal y porcentaje de especies endémicas, después de la familia Asteraceae (Villaseñor 2003, Rivera y Espinosa 2007). Debido a que la riqueza y rareza de especies son algunos de los criterios fundamentales por considerar en el decreto de ANP (Scott *et al.* 1993), las leguminosas contribuyen de manera importante a la biodiversidad de la Ciudad de México y muchas de sus especies son componentes de las comunidades vegetales presentes en sus ANP. Según el presente inventario, la entidad cuenta con 99 especies nativas e introducidas de leguminosas (17 de las cuales tienen asignada alguna variedad o subespecie), pertenecientes a 33 géneros (apéndice 16). Los géneros *Dalea*, *Lupinus* (frijolillos o garbancillos), *Desmodium* (pega pega) y *Astragalus* contienen 46% de esa riqueza (45 especies; cuadro 2). A su vez, 53.6 % del total (52 especies) son endémicas estrictas de México y otras 15 especies son endémicas no estrictas, con una distribución restringida al sur de los Estados Unidos, México y Guatemala (apéndice 2). En cuanto a la riqueza de especies con distribución restringida, el género *Lupinus* es el que tiene más endemismos, seguido de *Dalea* y *Astragalus* (cuadro 3). Esta riqueza vegetal se encuentra distribuida en seis tipos de vegetación, siendo el bosque de *Pinus* y el matorral xerófilo los más importantes por su extensión y contenido de especies (Rivera y Espinosa 2007).

Importancia

La importancia de las leguminosas en cuanto a su uso en la Ciudad de México radica en que 35 % de sus especies (34 especies) son potencialmente útiles por tener algún uso en otras regiones del país (Argueta *et al.* 1994, Caballero *et al.* 2004, Dorado *et al.* 2005, Riba 2006 y Cabello *et al.* 2009). La mayoría de las especies son medicinales (16), como el palo dulce (*Eysenhardtia polystachya*; figura 1), que puede estar siendo comercializada en mercados de plantas medicinales de la entidad para el

Cuadro 2. Géneros de leguminosas con mayor riqueza de especies en la Ciudad de México, según el recuento florístico que resultó en esta contribución.

Género	Número especies	Infraespecies	%
Dalea	15	5	15.46
Lupinus	13	1	13.40
Desmodium	9	0	9.27
Astragalus	8	4	8.24
Total	45	10	46.37

Fuente: elaboración propia.

Cuadro 3. Géneros de leguminosas con mayor riqueza de especies endémicas en la Ciudad de México, según información obtenida en base a su distribución geográfica.

Género	Número especies	%
Lupinus	12	12.37
Dalea	11	11.34
Astragalus	8	8.24
Total	31	31.95

Fuente: elaboración propia.

tratamiento de problemas en vías urinarias. Le siguen en importancia de uso las especies ornamentales (13) que se utilizan en el establecimiento de áreas verdes, como los árboles de orquídeas o pata de vaca (*Bauhinia)*, sena (*Senna*) y palo dulce (*Eysenhardtia*), algunas de las cuales son propagadas y comercializadas en viveros comerciales de la ciudad. Los frijolillos o garbancillos (*Lupinus*) pueden considerarse potencialmente ornamentales por lo atractivo de sus flores, aunque en México es raro que se cultiven para este fin.

Otras especies de leguminosas, como *Macroptilium gibbosifolium* y el frijol ayocote (*Phaseolus coccineus*), son usadas como alimento (este último en menor escala, ya que se utiliza más como ornamental), de *M. gibbosifolium* se sabe que se consume la raíz en algunas entidades de México o como el huizache (*Acacia farnesiana*) que se utiliza como combustible en forma de leña. Las demás se utilizan para forraje en la alimentación animal como varias especies de pega pega o pega ropa (*Desmodium*) y *Dalea leporina* (*www.agriculturesnetwork.org*), o como curtientes, tintóreos, artesanías, instrumentos de limpieza (escobas) y madera para construcción.

Como ya se mencionó, son pocas las especies que se comercializan, y en la mayoría el uso es tradicional destinado al autoabasto; pero varias de estas tienen algún uso potencial (apéndice 16).

Amenazas y conservación

Poco se sabe de la conservación de este grupo de plantas en la entidad. En las políticas de protección ambiental, sólo han sido consideradas dos especies de leguminosas: el colorín (*Erythrina coralloides*) y el trébol (*Trifolium wormskioldii*). Éstas se encuentran en la categoría de amenazadas en la NOM 059 (SEMARNAT 2010), debido a que tienen una distribución muy restringida y son vulnerables a la presión del crecimiento urbano. En los Apéndices I, II y III de la convención CITES 2011 y en la lista roja de especies amenazadas (UICN 2012), no está considerada ninguna especie de las leguminosas presentes en la entidad.

Conclusión

La alta riqueza y endemismos de leguminosas en la Ciudad de México confirman que este grupo es uno de los componentes más importantes de la biodiversidad en la entidad. Además de su valor ambiental, un buen porcentaje de especies tienen algún uso tradicional en las diferentes regiones del país y por lo tanto son útiles.

El conocimiento y uso de la biodiversidad permiten diseñar estrategias para su conservación. El decreto de ANP es una de las acciones básicas y positivas para lograr este objetivo. La Ciudad de México cuenta con diferentes ANP



Figura 1. *Eysenhardtia polystachya*, especie con referencias de uso ornamental y medicinal. Foto: Rafael Torres Colín.

(*www.sma.df.gob.mx*), como el Corredor Biológico Chichinautzin, Cumbres del Ajusco, Desierto de Los Leones y la Sierra de Guadalupe, que representan una oportunidad excepcional para conservar dicha biodiversidad. Sin embargo, el estado de conservación de las especies de leguminosas en estas reservas naturales es casi desconocido. Existe un porcentaje mínimo de especies que han sido evaluadas para su protección, por lo que se considera necesario realizar una evaluación de las dinámicas poblacionales de las especies de leguminosas endémicas de la ciudad, especialmente de aquellas que por tener algún uso pudieran estar siendo sobreexplotadas por su comercialización. Esto permitirá conocer el estatus de amenaza real y el verdadero impacto del sistema de ANP en su protección.

Referencias

Argueta A., L.M. Cano y M.E. Rodarte (coordinadores).1994. *Atlas de las plantas de la medicina tradicional mexicana*. Instituto Nacional Indigenista, México D. F., vol. I, II y III.

Breedlove D.E. 1986. *Listados Florísticos de México IV.* Flora de Chiapas. Instituto de Biología. UNAM, México.

Caballero J., L. Cortés, M.A. Martínez-Alfaro y R. Lira Saade. 2004. Uso y manejo tradicional de la diversidad vegetal. Pp. 105-117. En: *Biodiversidad de Oaxaca*. A.J. García-Mendoza, M.J. Ordóñez y M. Briones-Salas (eds.). Instituto de Biología, UNAM-Fondo Oaxaqueño para la Conservación de la Naturaleza-World Wildlife Fund, México D. F.

Cabello E.X., E. Pagaza C., M. Mendoza C., *et al.* 2009. *Iconografía de la Flora Urbana del Municipio de Nezahualcóyotl*. H. Ayuntamiento de Nezahualcóyotl 2006-2009.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. En: <*http://www.cites.org/esp/app/appendices.shtml*>, última consulta: 21 de junio de 2011.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. En: <*http://www.conanp.gob.mx*>, última consulta: 21 de junio de 2012.

Cronquist, A. 1981. *An integrated system of classification of flowering plants*. Columbia University Press, New York.

Dorado O., D.M. Arias, R. Ramírez y M. Sousa. 2005. *Leguminosas de la Sierra de Huautla, Imágenes y Descripciones*. Universidad Autónoma del Estado de Morelos, CEAMISH, Cuernavaca Morelos, México.

Lewis G., B. Schrire, B. Mackinder, M. Lock (eds). 2005. *Legumes of the world*. The Royal Botanic Gardens, Kew, The Bath Press (CPI Group), The United Kingdom.

Nahed T.J. 2002. Animales domésticos y agroecosistemas campesinos. En: <*www.agriculturesnetwork.org*>, última consulta: 1 de octubre de 2013.

Riba-Espinosa De Los Monteros, J.E. M.E. 2006. *Medicina Homeopática y Farmacognosia*. M. E. Riba-Espinosa de los Monteros (ed.), México D. F.

Rivera H.J., E. y A. Espinosa H. 2007. Flora y vegetación del Distrito Federal. pp 231-253. En: *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinoza (eds.), UNAM, México D.F.

Rzedowski, G.C. de y J. Rzedowski, *et al.* 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología, A. C./CONABIO, Pátzcuaro, Michoacán.

Sánchez S.O. 1979. *La Flora del Valle de México*. Editorial Herrero S. A., México.

Scott, J.M., B. Csuti, J.D. Jacobi y J. Estes. 1993. Species Richness a geographic approach to protecting future biological diversity. *BioScience* 37(11):782-788.

Secretaria del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. En: <*www.sma.df.gob.mx*>, última consulta: 11 de febrero de 2013.

SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sousa, S.M. y A. Delgado S. 1998. Leguminosas mexicanas: fitogeografía, endemismo y orígenes. pp. 449-500. En: *Diversidad Biológica de México: orígenes y distribución*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (compiladores). Primera edición en Español. Instituto de Biología, UNAM.

Sousa, S.M., G. Andrade M., R. Cruz D., *et al.* 2012. Leguminosae Juss. Pp. 233-251. En: *Diversidad florística de Oaxaca: de musgos a angiospermas (colecciones y lista de especies)*. A.J. García-Mendoza y J.A. Meave (eds.) 2a. ed. UNAM-CONABIO-Instituto Estatal de Ecología y Desarrollo Sustentable.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. En: <*http://www.iucn.org/es/sobre*>, última consulta: 21 de junio de 2012.

Valiente, B.A. y E. de Luna G. 1990. Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Angel, México D. F. *Acta Botánica Mexicana* 9:13-30.

Villaseñor, J.L. 2003. Diversidad y distribución de las Magnoliophyta de México. *Interciencia* 28(3):160-167.

Euforbiáceas (Euphorbiaceae)

Martha Juana Martínez Gordillo
Luis David Ginez Vázquez

Introducción

La familia Euphorbiaceae está conformada por una gran variedad de plantas que presentan diversas formas de vida, incluyendo hierbas, arbustos, árboles y trepadoras (Martínez-Gordillo *et al.* 2002). Las plantas de esta familia tienen hojas alternas (una hoja en cada nudo) de diferentes formas y tamaños. Las flores son de un solo sexo y se agrupan en inflorescencias que forman racimos, conjuntos de racimos, o ciatios; este último tipo de inflorescencia es característico del género *Euphorbia* (Prenner y Rudall 2007). Un ejemplo de las características de los ciatios se presenta en la nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*), cuyas inflorescencias poseen una glándula amarilla grande que produce gran cantidad de néctar dulce del que se alimentan sus polinizadores (abejas, mariposas o pájaros) (Cacho *et al.*, 2010). Esta glándula se ubica en el borde de una estructura que parece una vasija llamada "involucro". Dentro del involucro hay una o varias flores masculinas (representadas por estambres) y una sola flor femenina en el centro, todas rodeadas por hojas (brácteas) de diferentes colores y en ocasiones rojas (figura 1).

En esta familia es común la presencia de vasos que conducen un líquido que puede ser transparente o lechoso (laticíferos). Cuando se corta una rama, este líquido escurre y, a veces, cambia a color rojo o naranja cuando entra en contacto con el oxígeno del aire, por tal motivo algunos miembros de la familia se conocen como "sangre de drago".

El fruto de las euforbiáceas es seco y con pocas semillas. En algunos géneros como *Alchornea*, *Sapium* y *Tetrochidium*, las semillas presentan una cubierta roja (arilo) que atrae pájaros. En otros casos presentan una estructura llena de aceite nutritivo llamada carúncula, que atrae a las hormigas que se alimentan del aceite y las dispersan (figura 2). Otras especies dispersan sus semillas por sí mismas cuando sus frutos explotan y éstas salen disparadas lejos de la planta madre. Por ejemplo, se ha visto que *Hura crepitans*, o habilla, es capaz de lanzarlas hasta 70 m de distancia (Swaine y Beer 1977).

Diversidad

Las euforbiáceas se dividen en tres subfamilias: Acalyphoideae, Crotonoideae y Euphorbioideae (figura 3), con 245 géneros y cerca de 6 300 especies en el mundo (Wurdack *et al.* 2005). México cuenta con 50 géneros y 826 especies, de las cuales 55.2% son endémicas (Martínez-Gordillo *et al.* 2002).

En la Ciudad de México se encuentran 33 especies distribuidas en ocho géneros (apéndice 17). La subfamilia que presenta mayor riqueza es Euphorbioideae, con 20 especies del género *Euphorbia*; seguida de Acalyphoideae,

Martínez-Gordillo, M. y L.D. Ginez-Vázquez. 2016. Euforbiáceas (Euphorbiaceae). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.151-157.



Figura 1. Nochebuena, la inflorescencia presenta una gran glándula amarilla que contiene néctar para los polinizadores. Foto: Roberto Carreño (2009).



Figura 2. La carúncula es una estructura nutritiva que atrae a las hormigas, las cuales dispersan las semillas de algunas especies. Foto: Luis Ginez (2011).

representada por el género *Acalypha*, con seis (Martínez-Gordillo *et al.* 2002). Si se compara la proporción de áreas naturales con el área que ocupa la zona urbana, es una familia bien representada en la localidad, ya que estos pequeños espacios naturales albergan 16% de los géneros y casi 4% de especies de la familia.

Distribución

Esta familia se distribuye en todo el mundo, excepto en las zonas polares, con una alta concentración de especies en América, particularmente en Brasil (Webster 1994). En México, se encuentra principalmente en ambientes tropicales, aunque no es raro encontrarla en lugares templados y fríos, principalmente en bosque tropical caducifolio y matorral xerófilo (Martínez-Gordillo, *et al.* 2002). En la capital se hallan ampliamente distribuidas, aunque se concentran principalmente en Bosques y Cañadas, así como en Parques y Jardines Urbanos. No obstante, especies de los géneros *Croton*, *Stillingia*, *Ditaxis* y *Jatropha* (jatrofa o piñón) han disminuido su área de distribución, por lo que ya no es común encontrarlas.

Algunas especies de esta familia se comportan como malezas o malas hierbas, sobre todo las especies rastreras del género *Euphorbia*, que pueden encontrarse en zonas totalmente abiertas. No obstante, aunque soportan cierta cantidad de insolación, la mayoría prospera en zonas relativamente sombreadas, con cierta humedad en el ambiente, por lo que es frecuente encontrarlas cerca de árboles, arbustos o al lado de rocas. En la Ciudad de México se tienen colectas dentro de las áreas naturales y también en calles y parques públicos, como sucede con *Euphorbia peplus* (esula redonda o lecherina), una hierba común en los parques y jardines urbanos.

Los representantes de esta familia se concentran en tres regiones: Bosques y Cañadas, Parques y Jardines Urbanos y Serranías de Xochimilco y Milpa Alta; principalmente en las delegaciones de Tlalpan, Coyoacán, Xochimilco, Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Miguel Hidalgo, Magdalena Contreras, Tláhuac, Milpa Alta, Cuajimalpa y Álvaro Obregón.

Las regiones con mayor riqueza de esta familia son Bosques y Cañadas, con 22 espe-







Figura 3. En la Ciudad de México se encuentran representantes de las tres subfamilias de las euforbiáceas: *a)* Acalyphoideae, *b)* Crotonoideae y *c)* Euphorbioideae. Fotos: Roberto Carreño (2010).

cies registradas, y Parques y Jardines Urbanos, con 19, lo cual refleja la presencia de zonas con vegetación natural y relativamente conservadas, como el cerro del Ajusco y el Pedregal de San Ángel.

Los bosques de *Abies* y de *Pinus* son pobres en elementos de esta familia, por lo que a pesar de su extensión y conservación, los bosques del Desierto de los Leones y de los Dínamos no son los más ricos. Las especies más ampliamente distribuidas en la entidad son: *Acalypha indica* (hierba del cáncer), *A. phleoides* (hierba del pastor), *Euphorbia dentata* (periquitos), *E. furcillata* (hierba de la pulga), *E. hirta* (golondrina), *E. macropus* y *E. nutans*.

Importancia

La especie más conocida de la familia Euphorbiaceae es la nochebuena, (*Euphorbia pulcherrima*, que significa euforbia bellísima; figura 4; Steinmann 2002). Esta planta, originaria de México, se conocía durante la época prehispánica como *cuetlaxóchitl*, que significa “flor de cuero”, y simbolizaba “la nueva vida” de los guerreros que morían en batalla (Sahagún 1540). Actualmente es muy apreciada por sus vistosas brácteas rojas y se cultiva en grandes cantidades en Xochimilco para cubrir la demanda navideña, época en que se utiliza tradicionalmente como adorno de nacimientos y jardines.



Figura 4. La nochebuena es una planta originaria de México y cultivada en todo el mundo por sus vistosas brácteas rojas. Foto: Roberto Carreño (2012).

Figura 5. Otras especies cultivadas como ornamentales de esta familia son *a*) corona de Cristo (*Euphorbia milii*) y *b*) cola de gato (*Acalypha hispida*). Foto: Roberto Carreño (2009).

Además de la nochebuena, en la Ciudad del México se cultivan otras plantas ornamentales de esta familia, como *Euphorbia milii* (originaria de Madagascar), llamada "corona de Cristo" por sus espinas, *Acalypha hispida* (nativa de Nueva Guinea, el archipiélago malayo y otras islas del este asiático), conocida como "cola de gato", por sus vistosas inflorescencias rojas (figura 5).

Otra especie notable de esta familia es *Hevea brasiliensis* (árbol del caucho o del hule), de donde se obtiene la savia blanca (látex) que se utiliza para la fabricación del caucho (empleado en la producción de llantas y artículos impermeables) (Beilen y Poirier 2007).

El piñón o piñoncillo (*Jatropha curcas*) es una especie nativa de México y Centroamérica, cuyo cultivo junto con el del caucho, es uno de los más lucrativos en zonas tropicales de diferentes partes del mundo (Openshaw 2000). Esta especie de rápido crecimiento y pocos cuidados produce una gran cantidad de semillas que contienen hasta 60% de su peso en aceite, el cual puede ser convertido en biodísel.

Otra especie introducida en todo el mundo, común en calles y jardines de la capital, es *Ricinus communis*, conocida en el país como ricino o higuerilla (figura 6). Esta planta produce principalmente, en sus semillas, una de las toxinas más potentes del reino vegetal, la ricina, que puede llegar a ser mortal si se ingiere; sin embargo, ha sido fuente de uno de los purgantes más usados: el aceite de ricino, que se fabrica bajo minuciosos procedimientos que eliminan su toxicidad (Audi *et al.* 2005).

Las euforbiáceas sintetizan una gran cantidad de químicos y muchas especies se usan en medicina tradicional o de patente, de tal manera que se ha aislado un gran número de productos anticancerígenos, algunos de ellos citados incluso en la literatura médica de Grecia y Roma antiguas (Appendino *et al.* 1998). Por ejemplo, se han obtenido diversos terpenos (como los jatrofanos) de varias especies del género *Euphorbia*, los cuales han mostrado ser



Figura 6. La higuerilla es fuente del aceite de ricino y es frecuente en calles y jardines de la Ciudad de México. Foto: Roberto Carreño (2010).

poderosos inhibidores de la resistencia de células linfáticas tumorales ante múltiples fármacos (Ferreira *et al.* 2005, Duarte *et al.* 2009). No obstante, algunos compuestos son cocarcinogénicos (Hecker 1968), esto significa que por sí solos no inducen cáncer, pero junto con otros aceleran el proceso carcinogénico.

Respecto a sus efectos en la salud humana, es recomendable tener cuidado al consumir o tocar a los miembros de esta familia, pues la savia de algunas especies contiene sustancias irritantes que pueden producir efectos similares a una quemada, o en contacto con los ojos puede cegarlos momentáneamente, como sucede con los géneros *Sapium* y *Sebastiania* (brincador).

Las semillas de las especies de este último género se conocen como "frijoles saltarines" y ocasionalmente pueden comprarse en los mercados de la Ciudad de México. En su interior llevan la larva de una polilla (*Cydia deshaisiana*), que se mueve con el calor, haciendo que la semilla salte (West *et al.* 2012).

Amenazas para su conservación

En la Ciudad de México existe una elevada degradación de las reservas forestales, ya sea por incendios o por cambios en el uso del suelo para uso urbano, lo que ha llevado a la pérdida de hábitats y de suelo; alteración del

ciclo del agua y elevación de los niveles de contaminación, disminuyendo la distribución de muchos organismos, entre ellos las euforbiáceas. Las especies de esta familia que anteriormente eran fáciles de observar, en la actualidad son difíciles de encontrar, como *Croton adspersus*, *Stillingia zelayensis*, *Jatropha ciliata* y *J. dioica* (telondilla), entre otras.

Estado de conservación

En la capital no se han hecho estudios acerca del estado de las poblaciones de las especies de esta familia, ya que muchas son hierbas anuales o perennes y ninguna es endémica ni se encuentra en alguna categoría de riesgo. Sin embargo, algunas especies como *Croton adspersus*, *Stillingia zelayensis*, *Ditaxis pringlei*, *Euphorbia radians*, *Jatropha ciliata y J. dioica* son raras (es difícil hallarlas) y cuando se descubren poblaciones, éstas suelen ser pequeñas, por lo que probablemente en un futuro cercano podrían desaparecer. Esto significa que han perdido sus zonas de distribución original debido a que los hábitats donde crecían tienen niveles altos de perturbación que han impedido su desarrollo.

Acciones de conservación

Aunque las especies de esta familia no están en riesgo porque se encuentran en otras partes de la república mexicana, es necesario considerar la importancia que tiene la diversidad vegetal para las poblaciones humanas, por los servicios ambientales que estos organismos prestan, y tener en cuenta que algunas especies de esta familia en particular han reducido su área de distribución en la zona, lo cual refleja la disminución de las áreas naturales en la entidad. Esto lleva a reflexionar sobre la importancia de conservar las regiones que concentran la mayor riqueza de especies, como la de Bosques y Cañadas.

Sin duda, una acción para la conservación de los recursos naturales es la educación. En la medida en que la mayoría de los ciudadanos conozca la relevancia de las plantas por los servicios ambientales que brindan (como base de la cadena trófica, en la regulación del clima, captación de agua, como fuente potencial de medicamentos y como recurso para la recreación y la investigación, entre otras); se comprenderá la necesidad de respetarlas y conservarlas y contribuirán concientemente en su cuidado y en el uso racional de las mismas. Por lo anterior es importante que en las escuelas se tengan programas para informar sobre los servicios ambientales de los bosques y la necesidad de explotarlos racionalmente, procurando su preservación. Las instancias de gobierno deben promover acciones de divulgación dirigidas a toda la población, de forma continua y reiterada.

Referencias

Appendino, G., S. Jakupovic, G.C. Tron, *et al.* 1998. Macrocyclic diterpenoids from *Euphorbia semiperfoliata*. *Journal of Natural Products* 61:749-565.

Audi, J., M. Belson, M. Patel, *et al.* 2005. Ricin Poisoning. A comprehensive review. *Clinical Review* 294:2342-2351.

Beilen, J.B. y Y. Poirier. 2007. Establishment of new crops for the production of natural rubber. *Trends in Biotechnology* 25: 522-529.

Cacho, N.I., P.E. Berry, M.E. Olson, *et al.* y D.A. Baum. 2010. Are spurred cyathia a key innovation? Molecular systematics and trait evolution in the slipper spurges (*Pedilanthus* clade: *Euphorbia*, Euphorbiaceae). *American Journal of Botany* 97:493-510.

Duarte N., C. Ramalhete, A. Varg, *et al.* 2009. Multidrug resistance modulation and apoptosis induction of cancer cells by terpenic compounds isolated from *Euphorbia* Species. *Anticancer Research* 29:4467-4472.

Ferreira, M.J. N. Giémánt, A.M. Madureira, *et al*. Derivates on the Reversion of MDR-1 and MRP-mediated Multidrug Resistance in the MDA-MB-231 (HTB-26) Cell Line. *Anticancer Research* 25:4173-4178.

Hecker, E. 1968. Cocarcinogenic active compounds from Euphorbiaceae. *Planta Medica* 16: 24-45.

Martínez-Gordillo, M., J. Jiménez, R. Cruz, *et al*. 2002. Los géneros de la familia Euphorbiaceae en México. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM, *Serie Botánica* 73:155 -281.

Openshaw, K. 2000. A review of *Jatropha curcas*: an oil plant of unfulfilled promise. *Biomass and Bioenergy* 19: 1-15.

Prenner, G. y P.J. Rudall. 2007. Comparative ontogeny of the cyathium in *Euphorbia* (Euphorbiaceae) and its allies: exploring the organ-flower-inflorescence boundary. *American Journal of Botany* 94:1612-1629.

Sahagún, B. 1540. *Historia General de las Cosas de la Nueva España*. Sepan Cuantos, Porrúa, México.

Steinmann, V.W. 2002. Diversidad y endemismo de la familia Euphorbiaceae en México. *Acta Botánica Mexicana* 61:61-93.

Swaine, M. D. y T. Beer. 1977. Explosive seed dispersal in *Hura crepitans* L. (Euphorbiaceae). *New Phytologist* 78:695-708.

Webster, G.L., 1994. Classificaction of the Euphorbiaceae. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 81:3-32.

West, D.M., I.K. Lal, M.J. Leamy y D.L. Hu. 2012. Locomotion of Mexican jumping beans. *Biorespiration and Biomimetics* 7 (3):1-12.

Wurdack, K.J., P. Hoffmann y M. K. Chase. 2005. Molecular phylogenetic analysis of uniovulate Euphorbiaceae (Euphorbiaceae *sensu stricto*) using plastid RBCL Y TRNL-F DNA sequences. *American Journal of Botany* 92:1397-1420.

Labiadas (Lamiaceae)

María del Rosario García Peña
Martha Juana Martínez Gordillo
Itzi Fragoso Martínez

La familia de las labiadas es conocida botánicamente con dos nombres en latín: Labiatae, refiriéndose a la apariencia de un par de labios de sus pétalos; o Lamiaceae, por el nombre del género *Lamium*, descrito por Linneo en 1753. Es una familia con formas de vida que incluyen hierbas, arbustos, árboles y trepadoras, casi cosmopolita (se encuentra en todo el mundo), distribuida principalmente en los trópicos, subtrópicos y zonas templadas (Harley *et al*. 2004).

Las flores pueden ser solitarias o estar agrupadas (inflorescencias) (Harley *et al*. 2004). Son vistosas, con una corola blanca, azul, morada, roja, rosa, amarilla, naranja o lila; a veces con manchas. Los pétalos fusionados forman un tubo de tamaño diverso que asemeja una boca con labios: el labio superior, formado por dos pétalos unidos, y el inferior, por tres (figura 1). Tienen cuatro estambres unidos a la pared de la corola, por lo general dos cortos y dos largos. Además de las características peculiares de sus flores, la familia se puede reconocer porque presenta un tallo cuadrangular y hojas opuestas (dos por nudo). Sus frutos son secos y se dividen de dos a cuatro estructuras pequeñas que pueden ser dispersadas por el viento, o con menos frecuencia por mamíferos u hormigas (Bouman y Meeuse 1992).



Figura 1. Corola en la que se observan dos labios, el inferior más largo. Foto: Alejandro Torres Montúfar.

Diversidad y distribución

Las labiadas se encuentran por todas partes, excepto en los desiertos muy calientes y en las cumbres muy frías. Tienen una gran diversidad en el mundo, con 236 géneros y cerca de 7 173 especies (Harley *et al*. 2004). En México, alcanzan su mayor riqueza en bosques templados y en matorrales xerófilos (Ramamoorthy y Elliot 1998). La república mexicana es una de las regiones con alta diversidad de esta familia, con 32 géneros y 591 especies, de las cuales más de 60% son endémicas del país (Martínez-Gordillo *et al*. 2013). En la Ciudad de México, hay 13 géneros y 45 especies, de las

García-Peña, M.R., M. Martínez-Gordillo e I. Fragoso-Martínez. 2016. Labiadas (Lamiaceae). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 158-168.

cuales 23 son endémicas del país; pero ninguna de ellas es endémica de la capital. El género más diverso es *Salvia*, con 26 especies seguido de *Stachys* con siete especies. Del total de especies, 16 están distribuidas en México y otros países del continente americano y seis son especies introducidas. La lista del apéndice 18 representa la diversidad de labiadas para la Ciudad de México y es producto de datos obtenidos de la colección de la familia del Herbario Nacional de México (MEXU), así como de información de los estudios de Matuda (1951), Ramamoorthy (1987, 2001), Valiente-Banuet y De Luna (1990), García (2001), Carvajal (2006), Valdivia (2006) Castillo (2007), Rivera y Espinosa (2007) y Torres (2009).

Las especies de labiadas en la ciudad se distribuyen en las seis regiones propuestas por Reygadas en este libro (cuadro 1).

Cuadro 1. Diversidad de especies de labiadas en las regiones de la Ciudad de México, con información sobre endemismo en México. E: Endémica de México; M y A: Distribuida en América incluyendo México; I: Introducida y naturalizada.

Especies	Origen	Bosques y Cañadas	Humedales de Xochimilco y Tláhuac	Parques y Jardines Urbanos	Serranías de Xochimilco y Milpa Alta	Sierra de Guadalupe	Sierra de Santa Catarina
Agastache mexicana	E	*					
Clinopodium macrostemum	E	*			*		*
Cunila lythrifolia	E	*			*		
Hedeoma piperita	E				*		
Lamium amplexicaule	I						*
Lamium purpureum	I						*
Leonotis nepetifolia	I	*	*	*			*
Lepechinia caulescens	M y A	*		*			
Marrubium vulgare	I	*		*	*		*
Mentha x rotundifolia	I						*
Prunella vulgaris	I	*					
Salvia amarissima	M y A	*		*	*	*	
Salvia chamaedryoides	E					*	
Salvia concolor	E	*					
Salvia elegans	E	*		*			
Salvia filifolia	E				*		
Salvia fulgens	E	*					
Salvia gesneriiflora	E	*			*		
Salvia helianthemifolia	E	*					
Salvia hirsuta	E	*				*	
Salvia hispanica	M y A	*					
Salvia laevis	E	*				*	
Salvia lavanduloides	M y A	*			*		
Salvia melissodora	E					*	
Salvia mexicana	M y A	*		*	*		*
Salvia microphylla	M y A	*		*	*	*	*
Salvia misella	M y A	*					
Salvia mocinoi	M y A	*			*		

Cuadro 1. Continuación.

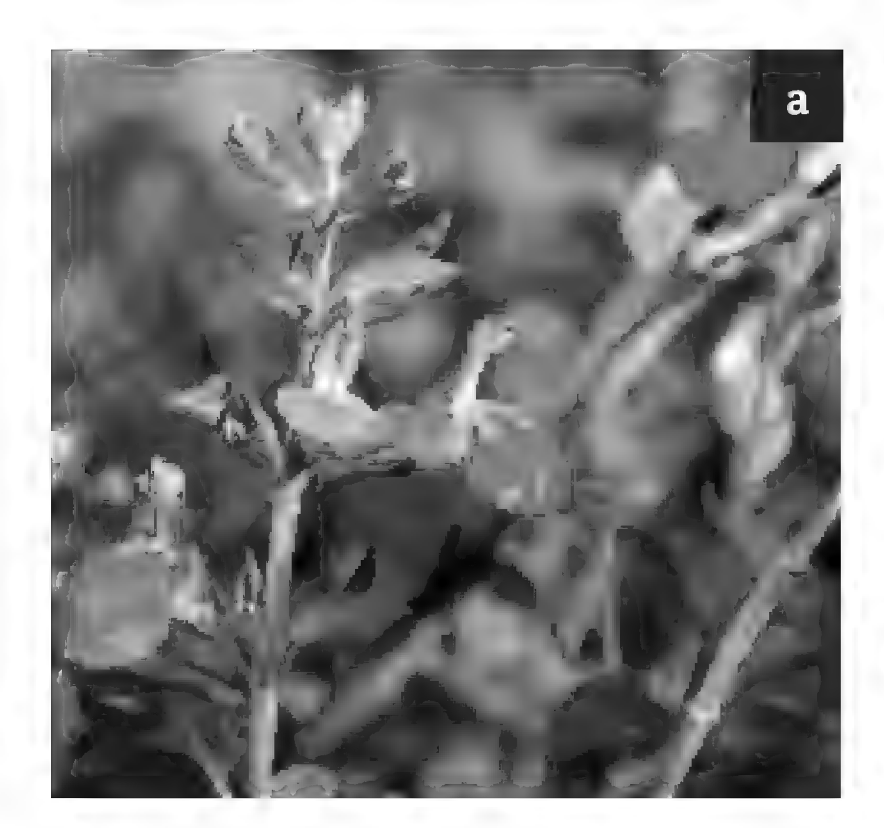
Especies	Origen	Bosques y Cañadas	Humedales de Xochimilco y Tláhuac	Parques y Jardines Urbanos	Serranías de Xochimilco y Milpa Alta	Sierra de Guadalupe	Sierra de Santa Catarina
Salvia moniliformis	E	*					
Salvia oreopola	E						*
Salvia polystachia	M y A	*		*	*	*	*
Salvia prunelloides	E	*			*		
Salvia pulchella	E					*	
Salvia reflexa	M y A						*
Salvia reptans	M y A	*					
Salvia stachyoides	E	*					
Salvia tiliifolia	M y A			*	*		*
Scutellaria dumetorum	M y A	*			*		
Stachys agraria	M y A	*		*		*	
Stachys coccinea	M y A	*			*	*	*
Stachys eriantha	M y A	*					
Stachys globosa	E	*					
Stachys nepetifolia	E	*				*	
Stachys radicans	M y A	*					
Stachys sanchezii	E	*					
Total de especies por región		34	1	10	16	11	13

Fuente: colección de labiadas del Herbario Nacional de México. Matuda 1951, De Luna 1990, Ramamoorthy 2001, Valiente-Banuet y, García 2001, Carvajal 2006, Valdivia 2006, Rivera y Espinosa 2007, Castillo 2007 y Torres 2009.

La mayor concentración de especies (34) está en la región de Bosques y Cañadas, mientras que las regiones que presentan menos especies son Parques y Jardines Urbanos (10) y Humedales de Xochimilco y Tláhuac, donde se registró sólo una especie.

Salvia microphylla (figura 2*a*) y *S. polystachia* son las especies con más amplia distribución, pues se han colectado en las regiones de Bosques y Cañadas, Parques y Jardines Urbanos, Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, Sierra de Guadalupe y Sierra de Santa Catarina. *Salvia mexicana* (figura 2*b*) y *Stachys coccinea* (figura 2*c*) están distribuidas en cuatro regiones.

Existen 24 especies que únicamente se distribuyen en una región, como *Agastache mexicana*, en Bosques y Cañadas, y *Salvia melissodora*, en Sierra de Guadalupe. El género *Salvia*, con 26 especies es el más diverso, seguido de *Stachys*, con siete especies. Es notable que especies cuyas distribuciones no incluían a la Ciudad de México ahora representan el primer registro para la entidad, como *Salvia helianthemifolia*, colectada en Parres, delegación Tlalpan, en la región Bosques y Cañadas (MEXU 100058), y *Salvia reflexa*, en el cerro de la Estrella, delegación Iztapalapa, en la región Sierra de Guadalupe, reportada por Torres (2009). Es interesante destacar que *Leonotis nepetifolia* (especie introducida de África y naturalizada) fue colectada por Sessé y Mociño durante la Real Expedición Botánica a Nueva España (1787-1803), cuando evidentemente resultaba una reciente introducción en México. *Salvia amarissima, S. fulgens, S. gesneriiflora, S. laevis* y *Scutellaria dumetorum* también fueron



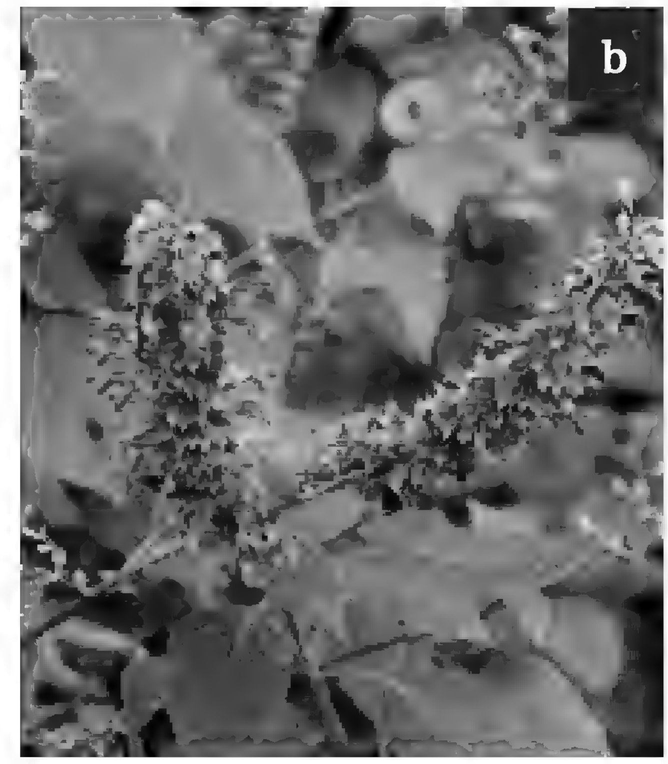




Figura 2. Algunas de las especies mejor distribuidas en la Ciudad de México: *a) Salvia microphylla* (foto: Roberto Carreño Colorado); *b) S. mexicana* (foto: Itzi Fragoso Martínez); *c) Stachys coccinea* (foto: Roberto Carreño Colorado).

colectadas en la actual Ciudad de México por estos dos botánicos. Existen representaciones iconográficas y descripciones de estas especies en McVaugh (2000) y García-Peña (2010).

La distribución de las especies de labiadas se definió utilizando el concepto de tipos de vegetación de la ciudad de Rivera y Espinosa (2007; cuadro 2). La mayor parte de las especies de labiadas de la entidad habitan en los bosques de encino y de coníferas. En el matorral xerófilo es posible encontrar *Salvia melissodora, S. misella* y *S. reflexa*; en pastizal, *Hedeoma piperita, Prunella vulgaris, Salvia amarissima* y *S. hirsuta*; en el bosque de encinos, *Agastache mexicana, Salvia fulgens, S. lavanduloides, S. microphylla, Scutellaria dumetorum* y *Stachys coccinea*; en el bosque de pinos, *Salvia elegans, S. moniliformis, S. polystachia, S. prunelloides* y *Stachys eriantha*; en el bosque de oyamel, *Clinopodium macrostemum, Cunila lythrifolia* y *Salvia fulgens*; en el bosque mesófilo de montaña, *Salvia concolor* y *Scutellaria dumetorum*. Las especies introducidas y naturalizadas —*Lamium amplexicaule, L. purpureum, Leonotis nepetifolia* (figura 3), *Marrubium vulgare* y *Prunella vulgaris*— se pueden encontrar en las orillas de caminos o en jardines.

Importancia

Un aspecto ecológico importante de las labiadas se refiere a las interacciones que establecen con sus polinizadores, pues mantienen las redes tróficas y contribuyen a la estabilidad de los ecosistemas donde viven. La mayor parte



Figura 3. La especie introducida *Leonotis nepetifolia* (bastón de San Francisco) se puede encontrar en las orillas de caminos o en jardines. Foto: Roberto Carreño Colorado.

Cuadro 2. Distribución de especies de labiadas en los diferentes tipos de vegetación de la Ciudad de México.

Especies	Matorral xerófilo	Pastizal	Bosques de encinos (*Quercus* spp.)	Bosques de pinos (*Pinus* spp.)	Bosques de oyamel (*Abies religiosa* spp.)	Bosques mesófilo de montaña	Ruderal, lugares perturba-dores, et.
Agastache mexicana			*	*			
Clinopodium macrostemum			*	*	*		
Cunila lythrifolia				*	*	*	
Hedeoma piperita		*	*	*	*		
Lamium amplexicaule							*
Lamium purpureum							*
Leonotis nepetifolia							*
Lepechinia caulescens					*		*
Marrubium vulgare							*
Mentha x rotundifolia							*
Prunella vulgaris		*	*	*	*		
Salvia amarissima	*	*	*				
Salvia chamaedryoides		*	*				
Salvia concolor				*	*	*	
Salvia elegans			*	*	*	*	
Salvia filifolia			*				
Salvia fulgens			*	*	*	*	
Salvia gesneriiflora			*		*	*	
Salvia helianthemifolia			*	*			
Salvia hirsuta		*					
Salvia hispanica				*			
Salvia laevis		*	*				
Salvia lavanduloides	*		*	*			
Salvia melissodora	*						
Salvia mexicana	*		*	*	*		*
Salvia microphylla	*	*	*	*			
Salvia misella	*						
Salvia mocinoi			*	*		*	
Salvia moniliformis				*	*		
Salvia oreopola				*			
Salvia polystachia	*	*	*	*			*
Salvia prunelloides		*		*	*		
Salvia pulchella							
Salvia reflexa							*
Salvia reptans		*	*	*			
Salvia stachyoides		*		*			
Salvia tiliifolia	*	*					*

Cuadro 2. Continuación.

Especies	Matorral xerófilo	Pastizal	Bosques de encinos (*Quercus* spp.)	Bosques de pinos (*Pinus* spp.)	Bosques de oyamel (*Abies religiosa* spp.)	Bosques mesófilo de montaña	Ruderal, lugares perturbadores, et.
Scutellaria dumetorum			*	*	*	*	
Stachys agraria			*	*			*
Stachys coccinea	*	*	*	*	*		
Stachys eriantha		*	*	*	*		
Stachys globosa				*	*	*	
Stachys nepetifolia	*		*				
Stachys radicans		*		*			
Stachys sanchezii				*	*		

Fuente: colección de labiadas del Herbario Nacional de México. Matuda (1951), Valiente-Banuet y De Luna (1990), García (2001), Ramamoorthy (2001), Carvajal (2006), Valdivia (2006), Castillo (2007), Rivera y Espinosa (2007) y Torres (2009).

de las especies de labiadas poseen sofisticados mecanismos de polinización y utilizan como atracción visual sus flores o inflorescencias, siendo el polen y el néctar recompensas significativas. Su principal grupo de polinizadores son los insectos y en particular las abejas, que polinizan a la gran mayoría de las labiadas (Harley *et al.* 2004). Un ejemplo de polinización por abejas en labiadas de la Ciudad de México, concretamente en la región de Bosques y Cañadas, es el de *Cunila lythrifolia*, por abejas del género *Bombus* (García-Peña 2008). Varias especies de labiadas, como *Salvia fulgens* (flores rojas) y *Salvia mexicana* (flores azules), son polinizadas por colibríes como *Hylocharis leucotis* (Arizmendi *et al.* 2007; figura 4).

Importancia económica y cultural

Las labiadas producen una gran variedad de compuestos químicos de importancia económica, entre los que sobresalen los aceites esenciales (compuestos aromáticos formados por terpenoides volátiles), producidos principalmente por especies pertenecientes a la subfamilia Nepetoideae. Entre los aceites más importantes se encuentran: la mentona, de la menta (*Mentha* spp.), el thymol del tomillo (*Thymus vulgaris*) y el eugenol de la albahaca (*Ocimum* spp.). Estas plantas aromáticas se han usado ampliamente como especias y como antimicrobiales, espasmolíticas, carminativas, antivirales y anticancerígenas, entre otros usos (Bozin *et al.* 2006). En la actualidad, en las cocinas de los hogares mexicanos es común encontrar hierbas de olor como el tomillo, el orégano (*Origanum vulgare*), la albahaca (*Ocimum* spp.) o la hierbabuena (*Menta* spp.). Sus aromas no sólo son apreciados en la cocina, sino también en la perfumería, para la cual se industrializa el patchuli (*Pogostemon cablin*) y la lavanda (*Lavandula* spp.), que con frecuencia se usan para hacer *potpourrís*, es decir, una mezcla de plantas secas utilizadas como aromatizantes en las habitaciones o armarios. Más de 50 géneros de esta familia se cultivan como ornamentales en el mundo (Harley *et al.* 2004) y algunas especies son cultivadas en México y vendidas en los mercados de flores de la capital. Sobresalen: la búgula (*Ajuga* spp.), el clerodendron (*Clerodendrum* spp.; figura 5*a*), el hisopo (*Hyssopus* spp.), el lamio (*Lamium* spp.), la lavanda (*Lavandula* spp.; figura 5*b*), las campanas de Irlanda (*Moluccella laevis*), la bergamota (*Monarda* sp.), la salvia rusa (*Perovskia* sp.), el obediente (*Physostegia* sp.), la salvia (*Salvia* spp.; figura 5*c*.), el mirto (*Stachys* spp.) y el atuto (*Vitex* sp.).

En México, los miembros de esta familia son particularmente importantes como elementos de la medicina tradicional. En la capital, se usan





Figura 4. Dentro de los polinizadores de esta familia se encuentran pájaros y mariposas. Foto: Pablo Leautaud.

labiadas como el toronjil (*Agastache mexicana*; figura 6*a*.) para tratar malestares gastrointestinales; mientras que el poleo (*Cunila lythrifolia*) y el poleo azul (*Salvia polystachia*), para malestares respiratorios. Los mirtos: de monte (*Salvia elegans*), macho, rojo (*S. fulgens*), blanco o violeta (*S. microphylla*) se emplean para el mal de ojo, el susto, el enfriamiento, etc., por medio de limpias o baños, entre otros usos. El uso más espectacular de una especie de *Salvia* es el que le dan los mazatecos de Oaxaca a la *Salvia divinorum*, especie endémica de la sierra mazateca, conocida como "hierba del pastor" o *pipiltzintzintli*, que produce efectos psicotrópicos y es usada con fines ceremoniales (Reinsfield 1994). Esta especie se comercializa por todo el mundo, incluyendo la Ciudad de México. La chía (*Salvia hispanica*; figura 6*b*) es una especie que ha tenido un papel relevante desde tiempos prehispánicos (Hernández y Miranda 2008). En el imperio azteca se obtenía a partir de sus semillas un aceite semejante al de linaza, que se usaba en la alimentación y en la elaboración de barnices, pinturas y cosméticos (Gispert 1997, Cahill 2003). En la actualidad se pueden comprar las semillas en el mercado de Sonora y en algunos restaurantes de la ciudad se ofrece agua de chía.

Estado de conservación

Como la mayoría de las labiadas son herbáceas, crecen con facilidad y generalmente tienen distribuciones extensas, hasta ahora no ha existido preocupación por la estabilidad de sus poblaciones y no existen trabajos sobre el estado de las mismas en la república mexicana ni en la capital. Esto se refleja en que las labiadas mexicanas no están incluidas en las listas nacionales e internacionales de plantas amenazadas, con excepción de *Salvia manantlanensis* y *Acanthomintha ilicifolia*, catalogadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010, y que no se distribuyen en la entidad.

Amenazas

La mayoría de las especies de la familia se encuentran en bosques templados, como los de oyamel, pino y encino, que se localizan en áreas de conservación de la Ciudad de México,







Figura 5. Géneros de labiadas cultivados con frecuencia como ornamentales: *a) Clerodendrum*, *b) Lavandula* y *c) Salvia*. Fotos: Roberto Carreño Colorado.





Figura 6. Las labiadas se han usado desde hace mucho tiempo en la Ciudad de México como *a)* Toronjil (*Agastache mexicana*, foto: Roberto Carreño Colorado), *b)* Chía (*Salvia hispanica*, foto: Sol Cristians.

especialmente en la región de Bosques y Cañadas. Resulta interesante que aun en las condiciones de fragmentación de las zonas naturales, este grupo de plantas es uno de los más diversos de la zona. No obstante, la mayor amenaza constituye el cambio de uso de suelo y la explotación maderera en estos bosques (Ramamoorthy y Elliot 1998).

A pesar de que no existe preocupación por su conservación, es substancial insistir en que estas plantas tienen entre sus polinizadores abejas y colibríes, y que el impacto sobre sus poblaciones repercute directamente en las poblaciones de estos organismos, por lo que es trascendental conservarlas para mantener las redes tróficas en estos ecosistemas y contribuir a la estabilidad de los mismos.

Es importante mencionar que existen especies como *Salvia mocinoi* (figura 7), *S. concolor, Stachys globosa* (mirto) y *Clinopodium macrostemum* (té de monte), que no son fáciles de encontrar en el área de estudio, lo que lleva a pensar en una reducción de su hábitat y su posible extinción en la entidad si aumenta la mancha urbana.

Conservación

Para conservar las poblaciones de esta familia es elemental que las zonas con vegetación autóctona de la Ciudad de México no disminuyan de tamaño. Se debe impedir la urbanización de las reservas naturales, pues proveen de una serie de servicios ambientales que contribuyen a la viabilidad de las comunidades humanas. La pérdida de la cobertura vegetal altera el ciclo hidrológico y, en consecuencia, el clima; produce problemas de erosión y en ocasiones la salinización del suelo, disminución en la capacidad de infiltración de agua en la recarga de mantos acuíferos y pérdida de la productividad primaria y de la capacidad de capturar carbono (Ruíz *et al.* 2007). Es indudable que ha habido importantes esfuerzos de conservación que han contribuido a la preservación del matorral xerófilo (región de Parques y Jardines Urbanos), como la Reserva del Pedregal de San Ángel (Lot 2008), en el sur de la ciudad, y el proyecto Flora del Distrito Federal (Rivera y Espinosa 2007), de la Comisión de Recursos Naturales (CORENA), de la Secretaría de Medio Ambiente del GDF (SMA). CORENA ha aplicado programas dirigidos a regular acciones en materia de protección, restauración y conservación de los ecosistemas. Sin embargo, dada la evidente vulnerabilidad de la vegetación natural, el crecimiento urbano de la entidad y la construcción de nuevas vías de comunicación, es necesaria la protección, con la implementación de nuevos proyectos para la conservación *in situ* y *ex situ*, así como el mantenimiento y restauración de los hábitats.

Sin embargo, se siguen realizando proyectos que afectan sitios donde se concentran una gran cantidad de las especies de labiadas, como la Supervía Poniente, en las delegaciones Álvaro Obregón y la Magdalena Contreras.

Es fundamental emprender acciones de divulgación con personas en todos los niveles, informando sobre la importancia de los bosques y los elementos que los conforman, así como los peligros de perder la biodiversidad de la zona. Conservar los bosques templados de la ciudad no sólo repercutirá en la conservación de organismos como las labiadas, sino también en el mantenimiento de poblaciones animales que se relacionan con ellas y de un reservorio de plantas con gran potencial para producir compuestos, que pueden ser útiles para la alimentación y salud humana.



Figura 7. *Salvia mocinoi*, una especie que ya no se encuentra con frecuencia en la Ciudad de México. Foto: Itzi Fragoso Martínez.

Referencias

Arizmendi, M.C., C. Monterrubio-Solís, L. Juárez, *et al*. 2007. Effect of the presence of nectar feeders on the breeding success of *Salvia mexicana* and *Salvia fulgens* in a suburban park near México City. *Biological Conservation* 136:155-158.

Bouman, F. y A.D.J. Meeuse. 1992. Dispersal in Labiatae. Pp. 193-202. En: *Advances in Labiatae Science*. R.M. Harley y T. Reynolds (eds.). Royal Botanic Gardens, Kew. Londres, Reino Unido.

Bozin, B., N. Mimic-Dukic, N. Simin y G. Anackov. 2006. Characterization of the volatile composition of essential oils of some Lamiaceae spices and the antimicrobial and antioxidant activities of the entire oils. *Journal of Agricultural and Food Chemistry* 54 (5):1822-1828.

Cahill, J.P. 2003. Ethnobotany of chia, *Salvia hispanica* (Lamiaceae). *Economic Botany* 57(4):604-618.

Carvajal, H.N. 2006. *Aportación de las plantas medicinales silvestres de una zona de Milpa Alta al Mercado de Sonora, Distrito Federal, México*. Tesis Licenciatura (Biólogo), Facultad de Ciencias, UNAM, Facultad de Ciencias.

Castillo, A.S. 2007. *La Reserva ecológica del Pedregal de San Ángel: aspectos florísticos y ecológicos*. UNAM. Facultad de Ciencias, Departamento de Ecología y Recursos Naturales.

García, Z., A. 2001. Labiatae (excepto *Salvia*). Pp. 624–632, 644-648. En: *Flora fanerogámica del Valle de México*. G.C. de Rzedowski, J. Rzedowski, *et al*. Instituto de Ecología, A. C./CONABIO, Pátzcuaro, México.

García-Peña, M.R. 2008. *Revisión Taxonómica del género* Cunila *(Lamiaceae) en Norteamérica y Centroamérica*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

García-Peña, M.R. 2010. Lamiaceae. En: *José Mariano Mociño y Martín de Sessé: La Real Expedición Botánica a Nueva España. De familia Lamiaceae a familia Malvaceae. Ilustraciones de Atanasio Echeverría y Godoy y Juan de Dios Vicente de la Cerda*. J. Labastida, E. Morales-Campos, J. L. Godínez-Ortega, *et al.* (coords.). Siglo xxi Editores y unam. México. Vol. 7.

Gispert, M. 1997. La cultura alimentaria mexicana: fuente de plantas comestibles para el futuro. *Monografías del Jardín Botánico de Córdoba* 5:51-57.

Harley, R.M, S. Atkins, A.L. Budantsev, *et al.* 2004. Labiatae. En: *The families and Genera of Vascular Plants* vii. *Flowering Plants Dicotyledons: Lamiales (except Acanthaceae including Avicenniaceae).* K. Kubitzki y J. W. Kadereit (eds.). Springer, Berlin.

Hernández, J.A. y S. Miranda. 2008. Caracterización morfológica de Chía (*Salvia hispanica*). *Revista Fitotecnia Mexicana* 31(2):105-113.

Linneo, C. 1753. *Species plantarum*. Tomo ii: 579.

Lot, H.A. 2008. 25 años de la reserva del Pedregal de San Ángel. *Ciencias* 1(91):30-32.

Martínez-Gordillo, M.J., I. Fragoso-Martínez, M.R. García-Peña, y O. Montiel. 2013, Géneros de Lamiaceae de México, diversidad y endemismo. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. 84:30–86.

Matuda, E. 1951. Las Labiadas del Valle Central de México. *Anales del Instituto de Biología de la unam*. Serie Botánica 22(1):83-140.

McVaugh, R. 2000. *Botanical Result of the Sessé & Mociño expedition (1787-1803).* vii. *A Guide to Relevant Scientific Names of Plants*. Hunt Institute for Botanical Documentation. Carnegie Mellon University. Pittsburgh.

Ramamoorthy, T.P. 2001. Labiatae (*Salvia*). En: *Flora fanerogámica del Valle de México*. G.C. de Rzedowski, J. Rzedowski, *et al*. Segunda edición: Instituto de Ecología, A. C./conabio, Pátzcuaro, México.

Ramamoorthy, T.P. y M. Elliot. 1998. Lamiaceae de México: diversidad, distribución, endemismo y evolución. En: *Diversidad biológica de México: orígenes y su distribución*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comps.). Instituto de Biología, unam, México.

Reinsfield, A.S. 1993. The botany of *Salvia divinorum* (Labiatae). *Sida* 15(3):349-366.

Rivera, H, J.E. y Á. Espinosa H. 2007. Flora y vegetación del Distrito Federal. Pp. 231-253. En: *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). unam, México.

Ruíz, M., C. García y J.A. Sayer. 2007. Servicios ambientales de los bosques. *Ecosistemas* 16(3):81-90.

semarnat. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana nom-059-semarnat-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente..

Torres, M.J.A. 2009. *Guía ilustrada de la flora del Cerro de la Estrella, Iztapalapa, D.F.* Tesis Licenciatura (Biólogo), Facultad de Ciencias. unam

Valdivia, M.E. 2006. *Recolección de la flora medicinal del sureste del Distrito Federal, Mexico.* Tesis Licenciatura (Biólogo), Facultad de Ciencias. unam

Valiente-Banuet, A. y E. de Luna G. 1990. Una lista florística actualizada para la reserva del Pedregal de San Ángel, México, D.F. *Acta Botánica Mexicana* 9:77-99.

Orquídeas (Orchidaceae)

Gerardo A. Salazar Chávez
Rolando Jiménez Machorro
María del Pilar Ortega Larrocea

Descripción

Las orquídeas (Orchidaceae) son plantas herbáceas perennes con variadas formas de vida. Entre ellas hay especies terrestres (arraigadas en el suelo), trepadoras de muchos metros (que nacen en la tierra y crecen como enredaderas, como la vainilla, incluyendo la especie comercializada *Vanilla planifolia*), así como epífitas (que nacen y crecen sobre árboles para acceder a la luz). Esta última forma de vida predomina en la familia, con alrededor de 75% de las especies, pero, al igual que las trepadoras, está restringida a las regiones tropicales del planeta, mientras que la forma de vida terrestre tiene distribución global (Hágsater *et al.* 2005).

Generalmente las orquídeas poseen órganos de almacenamiento de agua y nutrimentos. En las especies terrestres pueden ser raíces tuberosas o tallos engrosados subterráneos (cormos), mientras que en las epífitas es frecuente la presencia de tallos aéreos engrosados (seudobulbos) u hojas suculentas. Las hojas de las especies terrestres generalmente son caducas al fin de cada temporada lluviosa, mientras que en las epífitas por lo regular persisten durante varios años (Salazar 2009). Las flores varían notablemente en tamaño, coloración y olor; tales variaciones están relacionadas con diferentes mecanismos de polinización. Por ejemplo, las flores de *Dichromanthus aurantiacus* (figura 1), de color anaranjado, forma tubular y alrededor de 2 cm de largo, son polinizadas por colibríes (*Amazilia beryllina* e *Hylocharis leucotis*), que introducen su pico profundamente para acceder al néctar localizado en la base del tubo floral (Sarmiento y Romero 2000 Hágsater *et al.* 2005). En contraste, las flores de *Aulosepalum pyramidale* miden sólo 5 o 6 mm de largo, su color es blanco y son polinizadas por pequeñas abejas



Figura 1. *Dichromanthus aurantiacus*. Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Foto: Gerardo A. Salazar.

Salazar, G.A., R. Jiménez-Machorro y M.P. Ortega-Larrocea. 2016. Orquídeas (Orchidaceae). En: *La biodoversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 169-178.

"corta-hojas" del género *Megachile*, que para acceder al néctar introducen su cabeza con fuerza en la flor, empujando hacia atrás la "capucha" formada por los pétalos (Sarmiento y Romero 2000).

Pese a su variación en la estructura vegetativa y el tamaño y color floral, la familia es reconocible por la siguiente combinación de atributos reproductivos: *a*) posesión de un pétalo modificado, el labelo, que generalmente es diferente en forma y coloración de los otros segmentos florales y se ubica frente a las estructuras sexuales; *b*) estructuras reproductivas masculinas y femeninas fusionadas en un órgano único llamado columna o ginostemio; *c*) granos de polen cohesionados en masas más o menos sólidas llamadas polinios, comúnmente dotados de una extensión pegajosa que permite su adhesión a lugares específicos del cuerpo del polinizador, y *d*) semillas diminutas y extremadamente ligeras producidas en gran cantidad (de unos pocos cientos a varios millones por fruto, dependiendo de la especie), que son dispersadas por el viento y requieren para su germinación el establecimiento de una relación simbiótica con hongos microscópicos (Hágsater *et al.* 2005).

Diversidad y distribución

Las orquídeas constituyen una de las familias de plantas con mayor número de especies a nivel mundial, estimado en alrededor de 25 mil (Dressler 2005, Hágsater *et al.* 2005). Su mayor diversidad se encuentra en las regiones tropicales y subtropicales del mundo. En México se conocen alrededor de 168 géneros y 1 260 especies (Soto *et al.* 2007), la mayoría de las cuales se encuentran en los bosques de niebla y selvas tropicales húmedas del sureste del país, mientras que las regiones montañosas estacionalmente secas del resto del territorio, en las que predominan los bosques de pino, encino y matorrales xerófilos, albergan una diversidad menor (Salazar 2009).

En la Ciudad de México han sido registrados 29 géneros y 69 especies de orquídeas (apéndice 19), que representan aproximadamente 17% y 5% de la riqueza del país, respectivamente. La orquideoflora de la ciudad es representativa de una flora de montaña de amplia distribución en México y no incluye especies restringidas a esta entidad federativa (Salazar 2009). Previamente se creía que *Bletia urbana*, especie descrita originalmente del Pedregal de San Ángel, representaba una especie endémica de la entidad, pero estudios recientes han mostrado que se encuentra también en el estado de Oaxaca. Sin embargo, 29 de las especies de orquídeas registradas en esta entidad son endémicas de México (véase apéndice 19).

La lista de especies anexa es resultado de un esfuerzo para documentar cada una de ellas, así como para excluir sinónimos e identificaciones erróneas, a través de la examinación de los ejemplares directamente en los herbarios y otros registros como dibujos y fotografías. Se incluyeron algunas especies de las que no fue localizado material de respaldo, debido a su presencia confirmada en los estados vecinos y a registros históricos de la existencia de hábitats apropiados en la Ciudad de México; tal es el caso de *Domingoa kienastii*, *Laelia speciosa* y *Prosthechea punctulata*. Más información sobre la orquideoflora nativa puede encontrarse en los trabajos de Peña (2001), Hágsater y colaboradores (2005), Rivera y Espinosa (2007), Téllez-Velasco *et al.* 2007 y Salazar (2009).

Con pocas excepciones, las orquídeas nativas de la ciudad son terrestres. A pesar de que existen registros históricos de cuatro especies de hábito epífito: *Laelia autumnalis*, *Epidendrum anisatum*, *Isochilus linearis* y *Prosthechea punctulata*, las tres primeras se han extinguido en la entidad y la última podría tratarse de un error en el etiquetado, pues la localidad indicada en el ejemplar de herbario (Desierto de los Leones) representa un hábitat demasiado elevado y frío para esta especie, que

se desarrolla en otras partes de México en bosques de niebla por debajo de los 2 000 m de altitud (Salazar en prensa).

Importancia

Las orquídeas participan en complejas interacciones con otros organismos, como sus polinizadores, los herbívoros que se alimentan de ellas y los hongos con los que establecen relaciones micorrízicas. El conocimiento disponible sobre la polinización de orquídeas nativas de la ciudad es muy limitado y solamente existen observaciones sobre los polinizadores de *A. pyramidale* y *D. aurantiacus*. Salazar (2009) notó que en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), ubicada dentro del campus de la Universidad Nacional Autónoma de México (UNAM), existen individuos de *Bletia urbana* (figura 2) cuyas flores se autopolinizan y otros que al parecer requieren de la intervención de un polinizador; también hipotetizó que la polinización en las especies de *Bletia* (*e.g. B. campanulata*; figura 3), así como *Govenia lagenophora* (figura 4), debe implicar un mecanismo de engaño, al no haber detectado néctar o alguna otra recompensa obvia para los polinizadores. En el caso de las especies del género *Habenaria*, como *H. novemfida* (figura 5), la presencia de un nectario o espolón alargado y la emisión de aroma floral durante la noche sugieren polinización por mariposas nocturnas, pero todas estas hipótesis requieren ser corroboradas o refutadas por estudios de campo.

En la REPSA, Salazar (2009) documentó la depredación de los frutos de algunas especies de orquídeas por pequeñas avispas de la superfamilia Chalcidoideae, revelada por la presencia de ovarios florales engrosados de manera anormal y en una etapa demasiado temprana para representar frutos en desarrollo. Al ser disectados, se pudo constatar que el crecimiento anormal es causado por la presencia de pequeñas orugas de avispas que se alimentan de los óvulos que, en condiciones normales y tras la polinización, darían origen a las semillas. En muchos casos se pudo constatar que los ovarios estaban vacíos y presentaban una o más perforaciones por las que emergieron los insectos adultos. La infestación de ovarios por avispas es frecuente en plantas situadas en camellones u otras áreas sujetas a



Figura 2. *Bletia urbana*. Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Foto: Mauricio Ávila-Serratos.

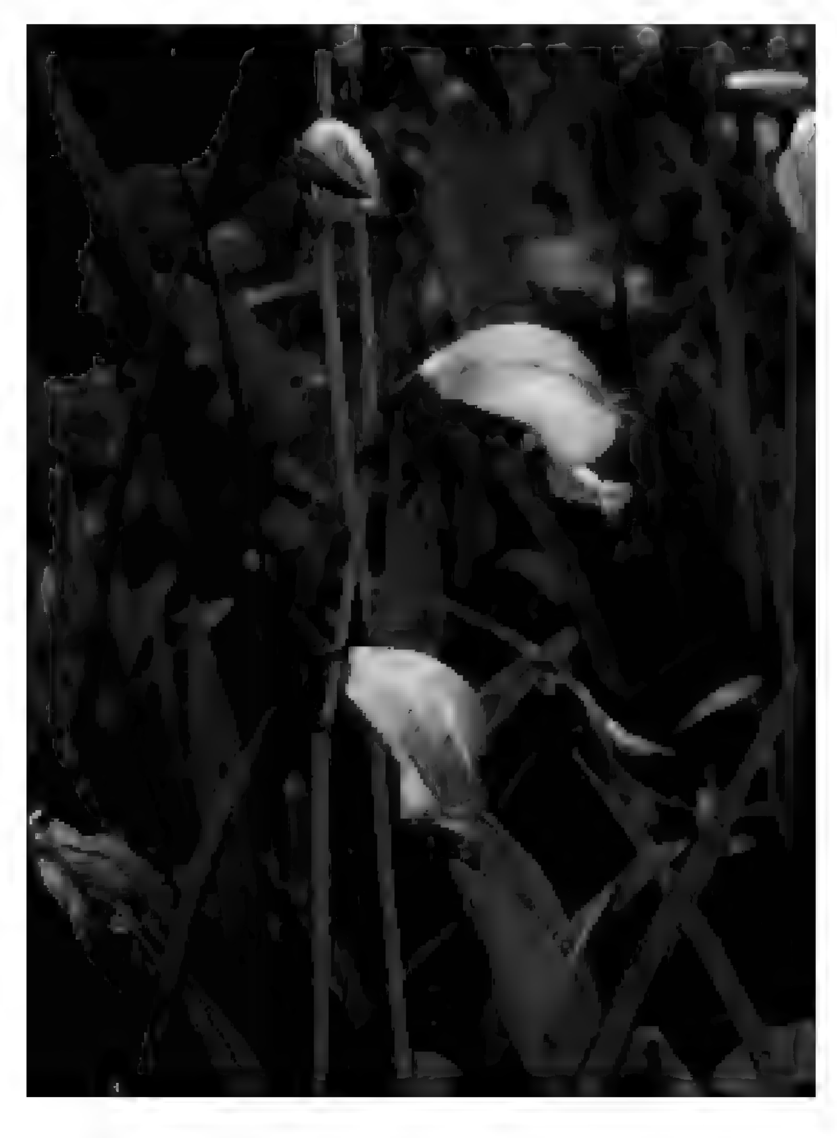


Figura 3. *Bletia campanulata*, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Foto: Gerardo A. Salazar.



Figura 4. *Govenia lagenophora*. Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Foto: Gerardo A. Salazar.



Figura 5. *Habenaria novemfida*. Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Foto: Gerardo A. Salazar.

disturbio, siendo poco común en áreas mejor conservadas dentro de la reserva. Resulta notable que algunas especies parecen ser poco afectadas por este tipo de depredación, aun cuando se encuentran en condiciones de disturbio; tal es el caso de *Deiregyne albovaginata* (figura 6), siendo probable que las brácteas florales (que en esta especie están muertas y tienen la consistencia del papel desde que las flores se están desarrollando) constituyan una barrera física para la ovoposición de las avispas, en contraste con las brácteas vivas y membranáceas de las especies de orquídea que son atacadas con mayor frecuencia.

Aunque no se han llevado a cabo estudios cuantitativos formales, el hecho de que en algunos casos 100% de las flores producidas por una planta estan infestadas por avispas, sugiere que este tipo de depredación debe afectar severamente la reproducción de la orquídea al no permitir la formación de semillas (Salazar 2009).

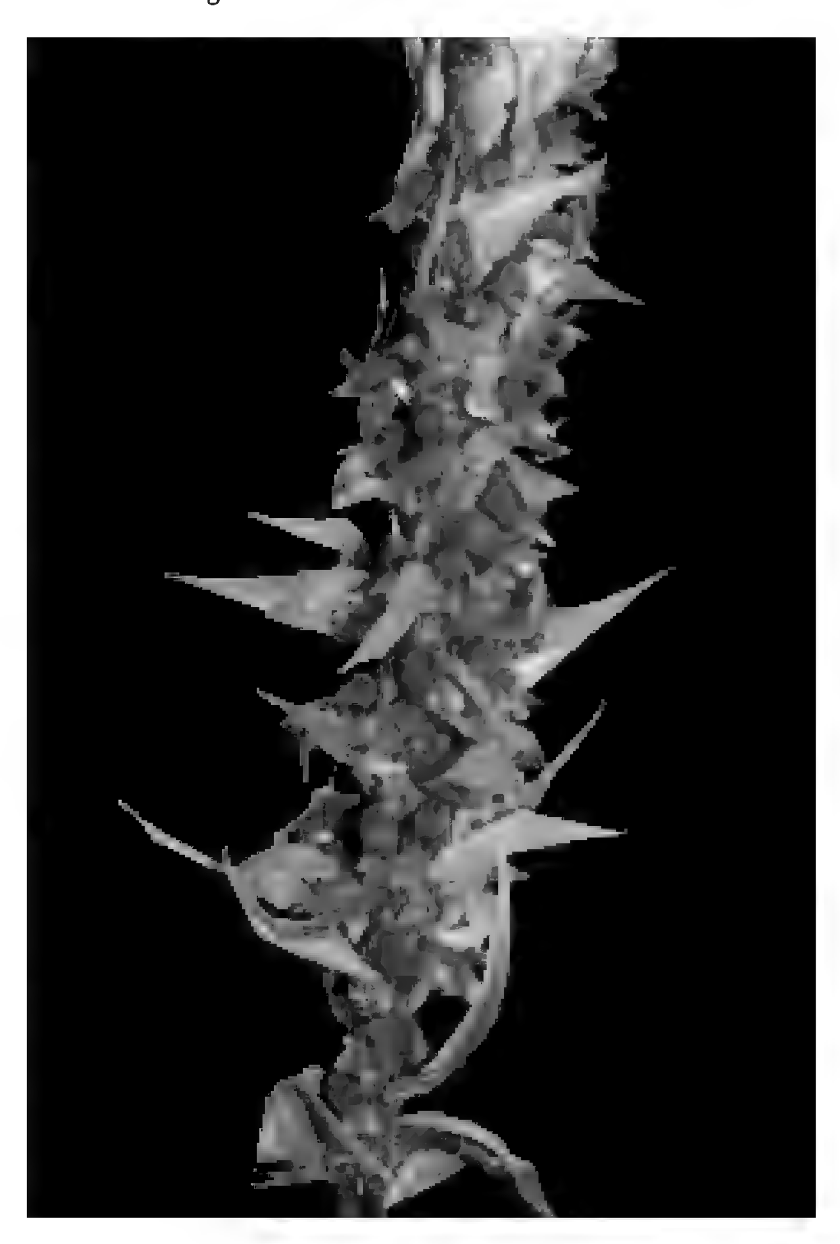


Figura 6. *Deiregyne albovaginata*. Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Foto: Gerardo A. Salazar.

El tipo de interacción más estudiado para las especies de orquídeas nativas de la Ciudad de México es aquella que establecen con hongos micorrízicos. Las orquídeas son plantas micotróficas (su nutrición depende de su asociación con hongos desde la germinación), pues sus semillas no contienen reservas energéticas para germinar y dependen de los azúcares que les brindan los hongos. Una vez que han desarrollado hojas, las plantas de orquídea pueden producir sus propios azúcares mediante la fotosíntesis y depender en menor medida de los hongos, pero muchas orquídeas mantienen relaciones simbióticas con hongos a lo largo de su vida, obteniendo energía tanto de manera autotrófica como heterotrófica (a través de los hongos micorrízicos). Algunas orquídeas que carecen de hojas, como *Corallorhiza macrantha* (figura 7), dependen completamente de los hongos toda su vida y se les conoce como micoheterótrofas (Shefferson *et al*. 2010). Las orquídeas pueden mostrar una elevada especificidad en cuanto a sus hongos simbiontes y su distribución está mediada por la abundancia de los hongos en el hábitat (McCormick *et al*. 2012). Los hongos que participan formando micorrizas con las orquídeas son basidiomicetos de las familias Ceratobasidaceae, Tulasnellaceae, Sebacinaceae y Russulaceae.



Figura 7. *Corallorhiza macrantha*, volcán Ajusco. Foto: John V. Freudenstein.

Aunque se han investigado las relaciones micorrízicas de menos de 5% de las especies de orquídeas mexicanas (Ortega-Larrocea y Rangel-Villafranco 2007), los datos disponibles destacan la importancia de esa simbiosis para su conservación (Ortega-Larrocea y González 2008). Los estudios sobre micorrizas de orquídeas de la Ciudad de México se han realizado en la REPSA, habiéndose documentado las micorrizas de las especies de los géneros *Bletia*, *Dichromanthus*, *Govenia*, *Habenaria*, *Malaxis*, *Platanthera* y *Schiedeella* (Rangel-Villafranco y Ortega-Larrocea 2007).

Usos e importancia

Las orquídeas han atraído la atención de los humanos de diversas regiones y culturas del mundo durante siglos. En México estas plantas han sido utilizadas desde la época prehispánica (García-Peña y Peña 1981), siendo muy importante el uso del mucílago de los cormos o seudobulbos de numerosas especies como pegamento o mordente en el arte plumaria, actividad desarrollada de manera magistral por los artesanos mexicas (Hágsater *et al*. 2005). Aún hoy, el nombre común que dan los campesinos a varias orquídeas en la Ciudad de México y otros estados es “chautle”, derivado de la palabra náhuatl para pegamento o engrudo: *tzauhtli* o *tzacuhtli* (García-Peña y Peña 1981, Salazar *et al*. 2006). También fue en el México prehispánico que se descubrió el uso de la vainilla, que actualmente es el aromatizante más importante en la industria de la perfumería, la repostería y muchas otras, por lo que constituye uno de los productos tropicales más rentables a nivel mundial (Soto 2003).

Existe poca información sobre posibles usos que se da hoy a las orquídeas nativas en la capital del país. Sin embargo, se sabe que las inflorescencias de *Laelia autumnalis*, actualmente extinta en esta entidad (véase apéndice 19), son ampliamente utilizadas en los estados de México, Michoacán y Morelos para adornar las iglesias durante las fiestas de Todos los Santos y Día de Muertos (Hágsater *et al*. 2005). *Cyrtopodium macrobulbon*, que ha sido observada solamente una vez en la Ciudad de México (Soto 1983) y ahora aparentemente está extinta localmente (pero ampliamente distribuida en otras partes de México y en Centroamérica; Salazar 2009) es vendida en comercios de herbolaria, como en el Mercado de Sonora, ubicado en el Centro Histórico de la Ciudad de México y sus propiedades químicas y farmacológicas están siendo estudiadas en la Facultad de Química de la UNAM (Morales-Sánchez *et. al*. 2014). Por otra parte, Munguía-Lino y colaboradores (2010) documentaron la venta de plantas de *Bletia macristhmochila*, *Dichromanthus aurantiacus* y *L. autumnalis*, en los mercados de Tenancingo, Estado de México, y Jamaica, Ciudad de México, que son dos de los principales centros de comercialización de plantas silvestres en el centro del país.

Situación y estado de conservación

Algunas especies como *Aulosepalum pyramidale*, *Mesadenus polyanthus*, *Dichromanthus cinnabarinus* (figura 8) y *Sarcoglottis schaffneri* son relativamente comunes, pues sus poblaciones pueden incluir muchos individuos y toleran una amplia variedad de condiciones ambientales (al menos las dos últimas especies), incluyendo sitios sujetos a disturbio frecuente como camellones de avenidas, donde periódicamente son segadas por jardineros.

Deiregyne albovaginata no había sido registrada en la Ciudad de México antes del año 2000 y aparentemente representa un inmigrante que se ha establecido recientemente en la entidad, particularmente en áreas sujetas a disturbio en los márgenes de la REPSA, donde ahora es relativamente común (Hágsater *et al*. 2005, Salazar 2009). En cambio, otras especies



Figura 8. *Dichromanthus cinnabarinus*. Camellón en la Avenida México 1968, Delegación Coyoacán. Foto: Gerardo A. Salazar.



Figura 9. *Bletia coccinea*, Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Foto: Mario Tinoco.



Figura 10. *Funkiella minutiflora*. Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Foto: Gerardo A. Salazar.

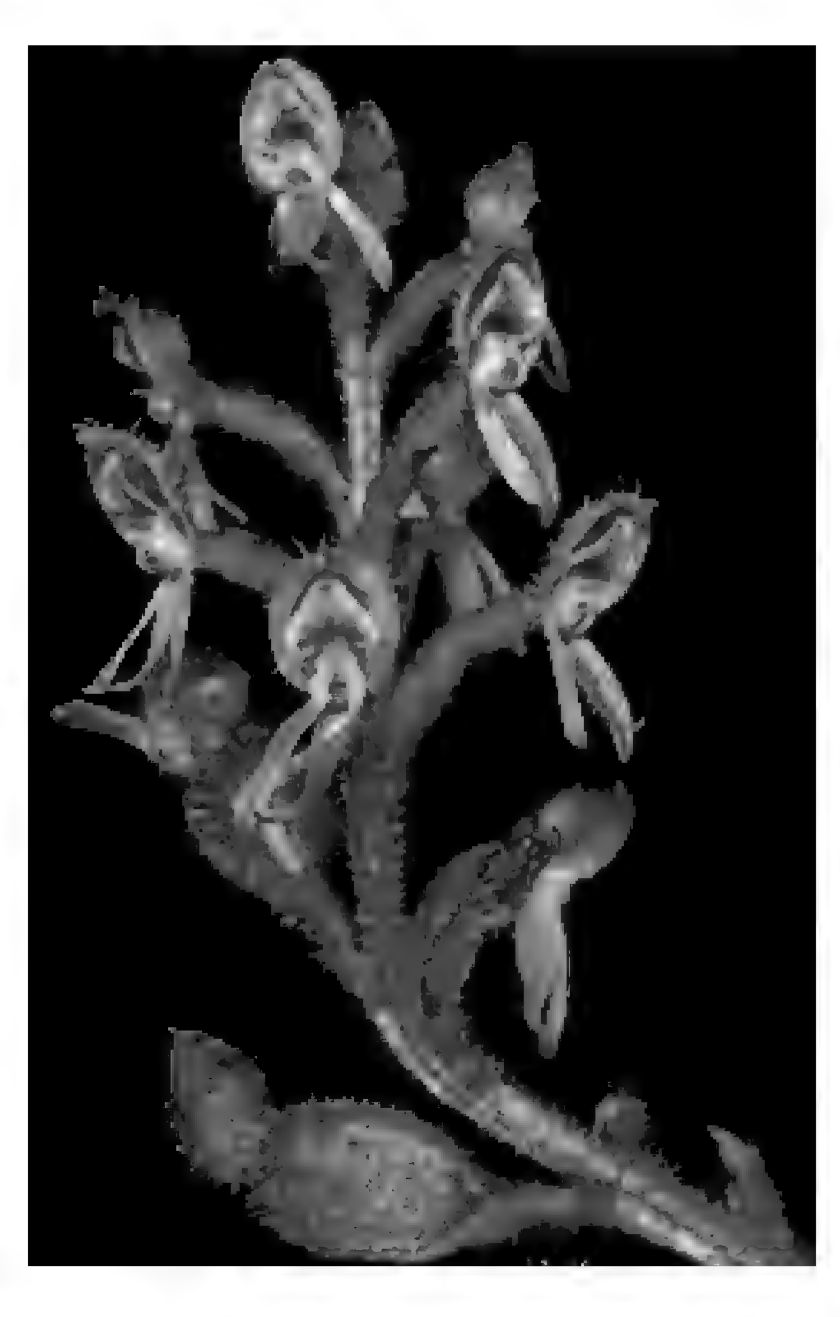


Figura 11. *Ponthieva schaffneri*. Área Natural Protegida Bosque de Tlalpan. Foto: Rolando Jiménez-Machorro.

como *Bletia coccinea* (figura 9), *B. urbana*, *Govenia lagenophora*, *Funkiella minutiflora* (figura 10), *Malaxis carnosa*, *Ponthieva schaffneri* (figura 11) y *Triphora trianthophora*, sólo se encuentran en poblaciones muy localizadas y restringidas a áreas con vegetación original, principalmente dentro de la REPSA. Es importante resaltar que aunque la REPSA no está considerada como parte de las áreas de conservación oficiales del Gobierno de la Ciudad de México (Reygadas, en esta obra), es la porción de esta entidad que alberga la mayor concentración de especies de orquídeas (45% del total; véase Salazar 2009).

Tres especies de orquídeas nativas de la Ciudad de México están incluidas en categorías de riesgo en la NOM-059 (SEMARNAT 2010): *Corallorhiza macrantha* y *Galeottiella sarcoglossa* como sujetas a protección especial, y *Bletia urbana* como amenazada. Algunos estudios han sugerido que *B. urbana* no debe considerarse como una especie amenazada a nivel nacional, pues es abundante en la Mixteca Oaxaqueña (Soto 1996, Salazar 2009). Sin embargo, dada la tasa de crecimiento del área urbana de la Ciudad de México y la concomitante eliminación de la vegetación natural, al menos 19 especies de orquídeas están en riesgo de desaparecer de la Ciudad de México y otras ocho aparentemente ya están extintas localmente (véase apéndice 19). Todas las especies del área están incluidas en el Apéndice II de la Convención Internacional para el Comercio de Especies en Peligro (CITES, por sus siglas en inglés, CITES 2011), pero dicha inclusión tiene poco significado para la conservación de las orquídeas de la Ciudad de México, ya que ninguna de ellas está amenazada por el comercio internacional.

Amenazas

El principal factor de amenaza para la conservación de la diversidad de orquídeas en la entidad es el cambio en el uso de suelo debido a la expansión del área urbana, aun dentro de las áreas de conservación reconocidas oficialmente, donde son frecuentes los asentamientos humanos irregulares (G. A. Salazar, observación personal). A esto se suma el cambio climático, que implica no sólo un incremento en la temperatura promedio, sino también una alteración en la temporalidad de las lluvias, lo cual afecta a las orquídeas nativas, cuyos ciclos de crecimiento, reproducción y reposo están regulados por la alternancia de sequía y lluvia.

Conclusión

Como ya se mencionó, una parte substancial de la diversidad de orquídeas de la Ciudad de México se encuentra en el Pedregal de San Ángel y, en consecuencia, está protegida en la REPSA (Salazar 2009). Dicha área representa un laboratorio natural para actividades de investigación, docencia y educación ambiental. Por ejemplo, los estudios sobre las micorrizas de orquídeas que han sido llevados a cabo en la REPSA demuestran que su propagación simbiótica (es decir, en presencia de los hongos micorrízicos) es más eficiente que la propagación asimbiótica (en medios de cultivo estériles), y se cuenta ya con protocolos establecidos para la propagación y reintroducción al hábitat de varias especies nativas, lo que contribuye a la recuperación de las poblaciones siempre y cuando haya posibilidades de que se conserve el hábitat natural (Ortega-Larrocea 2008, Ortega-Larrocea *et al.* 2009).

Se considera importante promover también la investigación en sitios relativamente bien conservados que aún mantienen patrones y procesos ecosistémicos típicos de los pedregales y que, en conjunto con la REPSA, pueden constituir una especie de corredor biológico aun en el suelo urbano, incluyendo el área natural protegida Bosque de Tlalpan, el Centro de Educación Ambiental Ecoguardas y el Parque Ecológico de la Ciudad de México. En la primera de ellas, que a partir del 2011 se encuentra a cargo de la Secretaría del Medio

Ambiente del Gobierno de la Ciudad de México, se han estado realizando actividades de investigación y se tienen reportadas al menos 16 de especies de orquídeas.

Para mantener la diversidad local de orquídeas a largo plazo, es de vital importancia promover la vigilancia y protección efectivas de las áreas de conservación de la ciudad, incluyendo la REPSA. Estas áreas constituyen refugios para la biodiversidad regional y proporcionan a la población humana importantes servicios ecosistémicos, como la infiltración de agua y recarga de los mantos freáticos, fijación de carbono atmosférico, regulación del clima y actividades deportivas y recreativas, entre otros (Nava-López *et al.* 2009, Suárez *et al.* 2012).

Las orquídeas son elementos valiosos para la protección de estas áreas de conservación, ya que son plantas carismáticas y de gran importancia ecológica y cultural que pueden constituir un grupo emblemático que ayude a despertar el interés de la población local por la diversidad biológica de la Ciudad de México y su conservación.

Agradecimientos

A los encargados de los herbarios consultados (AMES, AMO, ARIZ, ENCB, FCME, MEXU, MICH, MO, NY), la Red Mundial de Información sobre la Biodiversidad (CONABIO) y la Unidad de Informática de la Biodiversidad (Instituto de Biología, UNAM) por acceso a la información de orquídeas de la ciudad; a Jaime Rivera, Mauricio Ávila Serratos, John V. Freudenstein, Coyolxauhqui Figueroa, Mario Tinoco y Ariel Valencia por información, material y fotografías; a PAPIIT/DGAPA/UNAM por el apoyo a través de los proyectos IN211110 (a g.a.s.), IT101812 (a p.o.-l.) y PAPIME-PE108915.

Referencias

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2011. En: <*http:// www.cites.org/esp/app/appendices.shtml*>, última consulta: 21 de junio de 2012.

Dressler, R.L. 2005. How many orchid species? *Selbyana* 26:155-158.

García-Peña, M. del R. y M. Peña. 1981. Uso de las orquídeas en México desde la época prehispánica hasta nuestros días. *Orquídea* (Mexico City) n.s. 8:59-86.

Hágsater, E., M.A. Soto, G.A. Salazar, *et al.* 2005. *Las orquídeas de México*. Instituto Chinoin, A.C. México.

McCormick, M.K., D.L. Taylor, K. Juhaszova, *et al.* 2012. Limitations on orchid recruitment: not a simple picture. *Molecular Ecology* 21:1511-1523.

Morales-Sánchez, V., I. Rivero-Cruz, G. Laguna-Hernández, *et al.* 2014. Chemical composition, potential toxicity, and quality control procedures of the crude drug of *Cyrtopodium macrobulbon*. *Journal of Ethnopharmacology* 154: 790-797.

Munguía-Lino, G., L.M. Vázquez-García y J.A. López-Sandoval. 2010. Plantas silvestres ornamentales comercializadas en los mercados de la flor de Tenencingo y Jamaica, México. *Polibotánica* 29:281-308.

Nava-López, M., J. Jujnovsky, R. Salinas-García, *et al.* 2009. Servicios Ecosistémicos. Pp. 51-60. En: *Biodiversidad del ecosistema Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano (eds.). UNAM, México.

Ortega-Larrocea, M.P. 2008. Propagación simbiótica de orquídeas terrestres con fines de restauración edafoecológica. Pp. 85-96. En: *Técnicas de estudio de las asociaciones micorrízicas y sus implicaciones en la restauración*]. Álvarez-Sánchez y A. Monroy-Ata (compiladores), UNAM. México.

Ortega-Larrocea, M.P. y D. González. 2008. Los hongos asociados a las orquídeas terrestres en la restauración. Pp. 219-227. En: *Tópicos sobre diversidad, ecología y usos de los hongos microscópicos en Iberoamérica*. G. Heredia (ed.). Instituto de Ecología, A. C., Xalapa, Ver.

Ortega-Larrocea, M.P., A. Martínez y V.M. Chávez. 2009. Conservación y propagación de orquídeas. En: *Biodiversidad del ecosistema Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Ortega-Larrocea M.P. y M. Rangel-Villafranco. 2007. Fungus-assisted reintroduction and long-term survival of two Mexican terrestrial orchids in the natural habitat. *Lankesteriana* 7:317-321.

Peña, M. 2001. Orchidaceae. pp. 1266-1297. En: *Flora fanerogámica del Valle de México*, 2ª ed. G. Calderón y J. Rzedowski, *et al.* (eds.). Instituto de Ecología, A.C./CONABIO. Pátzcuaro, México.

Rangel-Villafranco M. y M.P. Ortega-Larrocea. 2007. Efforts to conserve endangered terrestrial orchids in situ and *ex situ* at two natural reserves within Central Mexico. *Lankesteriana* 7:326-333.

Rivera, J.E. y Á. Espinosa. 2007. Flora y vegetación del Distrito Federal. Pp. 231-253. En: *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. I. Luna, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). UNAM, México,

Salazar, G.A. 2009. Orquídeas. pp. 153-169. En: *Biodiversidad del ecosistema Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano (eds.). UNAM, México.

——. En prensa. *Isochilus*. En: *Flora Mesoamericana*. G. Davidse, M. Sousa y A.O. Chater (eds.). UNAM, Missouri Botanical Garden y The Natural History Museum (Londres).

Salazar, G.A., J. Reyes, C. Brachet y J. Pérez. 2006. *Orquídeas y otras plantas nativas de la Cañada, Cuicatlán, Oaxaca*, México. UNAM, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Shefferson, R.P., C.C. Cowden, M.K. McCormick, *et al.* 2010. Evolution of host breadth in broad interactions: mycorrhizal specificity in East Asian and North American rattlesnake plantains (*Goodyera* spp.) and their fungal hosts. *Molecular Ecology* 19:3008-3017.

Soto, M.A. 1983. El Pedregal de San Ángel: un refugio natural de orquídeas. *Ocelote, Nuestro Papel en la Naturaleza* 1:9-11.

——. 1996. Mexico. Pp. 53-58. En: *Orchids – status survey and conservation action plan*. IUCN/SSC *Orchid Specialist Group*. IUCN, Gland, Suiza y Cambridge, Reino Unido.

——. 2003. *Vanilla*. Pp. 321-334. En: *Genera Orchidacearum* vol. 3: Orchidoideae (part two), Vanilloideae. A.M. Pridgeon, P.J. Cribb, M.W. Chase y F.N. Rasmussen (eds.). Oxford University Press, Oxford.

Soto, M.A., E. Hágsater, R. Jiménez-Machorro, *et al.* 2007. *Las orquídeas de México: Catálogo Digital*. Instituto Chinoin, A.C., México.

Suárez, A., P. Camarena, I. Herrera y A. Lot. 2012. *Infraestructura verde y corredores ecológicos de los pedregales: ecología urbana del sur de la Ciudad de México*. UNAM, México.

Téllez-Velasco, A., L. Flores y E. Esparza. 2007. *Orquídeas terrestres del Pedregal de San Ángel*. UNAM, México.

Flora acuática

Antonio Lot Helgueras

Descripción

La flora acuática, brevemente descrita en el presente ensayo, comprende un grupo natural de plantas vasculares conocidas como plantas acuáticas o hidrófitas, que incluyen a las familias de helechos y grupos afines, las gimnospermas y las fanerógamas. Se agrupan en estrictas, subacuáticas y tolerantes. El trabajo se centrará en la primera categoría de plantas, es decir, aquellas familias en las que todos sus integrantes dependen del medio acuático para completar su ciclo de vida. Las formas de vida de estas plantas se agrupan en dos grandes tipos: enraizadas y libres.

Las plantas enraizadas, a su vez, se dividen en cuatro: emergentes, sumergidas, de hojas flotantes y de tallos postrados. Las plantas libres se presentan en dos tipos: flotadoras y sumergidas. Las plantas acuáticas enraizadas emergentes son las que están mejor representadas en una gran diversidad de comunidades y se ilustran con numerosas especies conocidas como tule, junco, tulillo, juncia, espadaña, zacate cuadrado, entre otras.

La vegetación acuática desempeña una función muy importante en los ecosistemas lacustres y palustres. Su presencia en los distintos hábitats es fundamental para el equilibrio y desarrollo de la vida acuática, básicamente por ser parte de los productores primarios, aquellos que inician las redes alimentarias al formar parte del alimento de herbívoros y omnívoros, además de ser generadores de energía en forma de detritos para los microorganismos. Además, la vegetación acuática sirve como lugar de anidación y refugio para numerosas especies de invertebrados y vertebrados, como los anfibios y las aves.

Otro de los efectos de las plantas acuáticas es la regulación del flujo en los cuerpos de agua, ya que interfieren en su curso, reduciendo su velocidad. Esto también favorece la retención del líquido y crea reservas de agua. Al morir y degradarse, estas plantas se convierten en sedimentos, aunque en vida facilitan también la estabilización de estos depósitos con sus raíces. También median en los procesos dinámicos del intercambio de nutrientes, en la oxigenación del ambiente acuático y funcionan como filtradoras de impurezas en los humedales.

Desde el punto de vista económico, las plantas acuáticas intervienen en el movimiento y reserva de agua e influyen en la captura, estabilización y formación de sedimentos. Los antiguos mexicanos, entre los que sobresalían los habitantes de Xochimilco y otros pueblos de las ciénegas, tenían un conocimiento profundo de las propiedades de las plantas acuáticas y reconocían su valor de uso. Las utilizaron en la construcción de chinampas, sistemas altamente productivos reconocidos en todo el mundo (Lot *et al.* 2004).

Lot, A. 2016. Flora acuática. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 179-190 .

Antecedentes

Lo que hoy está cubierto por la mancha urbana de la ciudad fue en buena parte un paisaje lacustre característico de la cuenca de México. En la etapa prehispánica, durante la temporada de secas se delineaban al menos cinco lagos, que en temporada de lluvias formaban uno solo que cubría una superficie cercana a los 2 000 km², la cuarta parte de la cuenca (Bribiesca 1960). Como señalan Rzedowski y colaboradores (2001) en la obra *Flora fanerogámica del valle de México*, la vegetación acuática ocupaba grandes extensiones hasta principios del siglo xx, como un elemento importante en el paisaje de los alrededores de la capital, de sus suburbios y de las poblaciones vecinas.

Los primeros antecedentes sobre la flora acuática fueron publicados a finales del siglo xix y a principios del xx, en los estudios de Pringle (1890, 1897), Rose (1906) y Reiche (1914 y 1926), los cuales incluyen significativos comentarios sobre la vegetación de los alrededores de la Ciudad de México. Sin embargo, las primeras investigaciones específicas de plantas acuáticas se deben a algunos autores como Bravo (1930), quien realizó estudios sobre lemnáceas (la familia de plantas con flores de menor talla conocida entre las angiospermas y con formas de vida libre flotadora o sumergida); Blackaller (1937), quien investigó las ninfáceas (grupo de plantas con hojas flotantes y elegantes flores que sobresalen de la tabla de agua, muy apreciadas en los jardines botánicos y también conocidas como nenúfares); Herrera y Villareal (1938) y Ramírez-Cantú (1939), quienes hicieron contribuciones sobre la flora acuática en general. Por su parte, el manual de Sánchez (1969) se reconoce como uno de los primeros catálogos ilustrados, incluye algunas de las especies de plantas acuáticas del valle de México. Así también, varios de los trabajos de Rzedowski y colaboradores contribuyen al conocimiento de las asociaciones de la vegetación acuática del lago de Texcoco y de la extinción de las especies que componen la flora palustre y lacustre del valle (Rzedowski 1957, 1979, Rzedowski y Rzedowski 1993).

Otros estudios se centran en los sistemas de cultivo conocidos como chinampas y en su relación con la vegetación acuática (Lot *et al.* 1979, Miranda 1980, Novelo y Gallegos 1988). Tales sistemas representan una fuente importante de conocimiento sobre los usos y cambios ocurridos en el manejo y conservación de especies de fanerógamas acuáticas a lo largo de la historia en el sur de la capital mexicana. En este sentido, hay que considerar el conocimiento que los antiguos mexicanos tenían de las plantas acuáticas, documentado en algunos códices del siglo xvi (Miranda 1980, Lot y Miranda-Arce 1983), en la pintura mural (Lot y Corona 1977).

De manera adicional, como antecedente directo de información sobre la flora acuática de la Ciudad de México, se cuenta con una nota acerca del paisaje lacustre protegido por la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, en el sitio conocido como Cantera Oriente, en terrenos de la UNAM (Hernández *et al.* 2007). Además, existe el libro *Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la Ciudad de México y sus alrededores*, que reúne la información más completa sobre el conocimiento de la flora de los humedales de la zona metropolitana de la ciudad (Lot *et al.* 2004).

Diversidad y distribución

Para comprender la composición, riqueza y extinción de hidrófitas de la entidad, es fundamental partir de un marco geográfico más amplio, como la cuenca de México y el altiplano. La mayoría de las especies cuentan con una distribución geográfica mayor que los límites de la Ciudad de México, razón por la cual es fundamental conocer y comparar los registros de plantas depositadas en los herbarios institucionales y revisar los estudios florísticos de las regiones adyacentes a la zona metropolitana. Particularmente útiles como referencias obligadas, se encuentran las publicaciones de

Bonilla-Barbosa y colaboradores (2000) sobre la flora acuática de Morelos y, muy especialmente, el *Manual de identificación de plantas acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala* (Bonilla-Barbosa y Novelo 1995). Asimismo, se cuenta con el capítulo "Plantas acuáticas" de la obra *La diversidad biológica del Estado de México: estudio de caso* (Lot y Zepeda 2009). Del estado de Hidalgo, es importante la revisión de dos ensayos sobre la flora y vegetación de la laguna de Tecocomulco, el relicto más importante del paisaje lacustre de la cuenca (Lot y Novelo 1978, Lot 2005); asimismo, en, de Rzedowski y colaboradores (2001), se describen las familias con representantes acuáticos. También, la comprensión de la distribución de las hidrófitas presentes en el valle de México puede valerse de la lectura de una publicación sobre el significado de la dispersión de las diásporas con relación a su morfología (Olvera y Lot 1991).

Actualmente la vegetación acuática tiene una distribución fragmentada en la cuenca de México, que se manifiesta en una marcada reducción de los elementos de su flora por el cambio de uso de suelo de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México (ZMCM). El acelerado crecimiento de la mancha urbana, la contaminación de los acuíferos y la desecación paulatina de los ambientes acuáticos han contribuido a la desaparición del hábitat natural de las plantas y, en consecuencia, a la reducción y extinción de sus poblaciones. Sin embargo, se mantienen comunidades relicto representativas de la flora acuática de la ciudad, principalmente en pequeños estanques, charcas y ciénegas aisladas en zonas de cultivo y claros en los bosques cercanos al área geográfica del suelo de conservación.

En estos ambientes prosperan plantas herbáceas de ciclo de vida corto o con estructuras vegetativas de perennación que permiten su supervivencia en época de secas. Entre estas últimas destacan las especies del grupo de hidrófitas enraizadas emergentes (tules, juncos, tulillos, etc.) y formas de vida libres flotadoras, como los integrantes de las lemnáceas. Este tipo de comunidades se distribuyen espacial y temporalmente en numerosos sitios que, por su extensión y temporalidad, son difíciles de ubicar geográficamente; pero quedarían circundados a las 851.14 ha registradas como humedal en el *Atlas geográfico del suelo de conservación del Distrito Federal* (SMA-PAOT 2013). De manera equivalente, tomando la cifra de 476.80 ha de cuerpos de agua del mismo *Atlas*, los canales, lagos y humedales que actualmente forman parte de Xochimilco, Zumpango y Texcoco representan, en parte, el hábitat de comunidades acuáticas con superficies continuas mayores, que definen y recuerdan los paisajes palustres dominados por especies de los géneros *Thypha*, *Schoenoplectus*, *Eleocharis* y *Sagittaria*.

Por las descripciones de algunos de los estudios publicados antes de la mitad del siglo XX, se puede apreciar que era común la existencia de manantiales y numerosos cuerpos de agua en Tlalpan, Iztapalapa, Texcoco, Peñón de los Baños, Iztacalco, Chapultepec, Xochimilco y Chalco. La abundancia de agua limpia que corría por canales, riachuelos y, en general, por las zonas pantanosas o ciénegas, favoreció a una notable diversidad de flora y fauna acuática en la propia Ciudad de México. La fragmentación, reducción y contaminación de estos hábitats muestran desde hace cinco décadas un panorama diferente al emblemático paisaje lacustre dominado por diversas formas de vida de hidrófitas y de la vegetación acuática, la cual enmarcaba numerosos lugares de la capital y de sus suburbios. En el apéndice 20 y en los cuadros 1 y 2 se enumeran las principales especies de plantas vasculares acuáticas (estrictas y de familias mayormente terrestres con algunos géneros acuáticos) registradas para la ciudad. La inserción de la lista en el cuadro 2 incluye algunos de los géneros y especies acuáticas de familias no estrictas, pero no considera las plantas subacuáticas, que en número superan a este grupo.

Cuadro 1. Hidrófitas estrictas de la Ciudad de México.

Familia/especies	Forma de vida
Alismataceae	
Sagittaria lattifolia	HEE
**+Sagittaria macrophylla*	HEE
Hydrocharitaceae	
°*Egeria densa*	HES
Hydromistria laevigata	HLF
Juncaginaceae	
Lilaea scilloides	HEE
+*Triglochin mexicanum*	HEE
Lemnaceae	
Lemna gibba	HLF
Lemna minuta	HLF
+*Lemna trisulca*	HLS
Lemna valdiviana	HLF
Spirodela polyrrhiza	HLF
Wolffia brasiliensis	HLF
Wolffia columbiana	HLF
+*Wolffiella gladiata*	HLS
Wolffiella lingulata	HLS
Wolffiella oblonga	HLS
Najadaceae	
Najas guadalupensis	HES
Pontederiaceae	
°*Eichhornia crassipes*	HLF
Heteranthera peduncularis	HETP
Heternthera rotundifolia	HETP
Potamogetonaceae	
Potamogeton illinoensis	HES
Potamogeton pusillus	HES
Stuckenia pectinata	HES
Ruppiaceae	
Ruppia maritima	HES
Typhaceae	
Typha domingensis	HEE
Typha latifolia	HEE
Zannichelliaceae	
+*Zannichellia palustris*	HES
Ceratophyllaceae	
Ceratophyllum demersum	HLS
Nymphaeaceae	
**+Nymphaea gracilis*	HEF
**+Nymphaea mexicana.*	HEF

Fuente: elaboración propia.

* especie endémica de México; * especie endémica (Megaméxico II y III**) + especie vulnerable; ° especie introducida; HEE= hidrófita enraizada emergente; HEF= hidrófita enraizada de hojas flotantes; HES= hidrófita enraizada sumergida; HETP= hidrófita de tallos postrados; HLF= hidrófita libre flotadora; HLS= hidrófita libre sumergida. ** Rzedowski (1998). (Explicado en el texto).

Cuadro 2. Otras familias con representantes acuáticos de la Ciudad de México.	
Familia/especies	**Forma de vida**
PTERIDOPHYTA	
Equisetaceae	
Equisetum hyemale	HEE
Marsilaceae	
Marsilea mollis	HEF
Salviniaceae	HLF
Azolla mexicana	HLF
LILIOPSIDA	HEE
Cyperaceae	HEE
Schoenoplectus americanus	HEE
Schoenoplectus californicus	HEE
Schoenoplectus tabernaemontani	HEE
Juncaceae	HLS
Juncus effusus	HEE
Poaceae	HLF
Hydrochloa carolinensis	HEF
Leersia hexandra	HEE
MAGNOLIOPSIDA	HLS
Apiaceae	HLS
Berula erecta	HEE
Hydrocotyle ranunculoides	HEF
Hydrocotyle verticillata	HEE
Asteraceae	
Bidens aurea	HEE
Bidens laevis	HEE
Jaegeria bellidiflora	HEE
Jaegeria glabra	HEF
Brassicaceae	HES
Roripa nasturtium-aquaticum	HEE
Callitrichaceae	HES
Callitriche heterophylla	HLS
Haloragaceae	HES
Myriophyllum aquaticum	HES
Lentibulariaceae	HEE
Utricularia gibba	HLS
Utricularia macrorrhiza	HLS
Menyanthaceae	HES
Nymphoides fallax	HEF
Onagraceae	HLS
Ludwigia palustres	HETE
Ludwigia peploides	HETP

HEE= hidrófita enraizada emergente; HEF= hidrófita enraizada de hojas flotantes; HES= hidrófita enraizada sumergida; HETP= hidrófita de tallos postrados; HLF= hidrófita libre flotadora; HLS= hidrófita libre sumergida.

Cuadro 2. Continuación.

Familia/especies	Forma de vida
Poygonaceae	HEF
Polygonum hydropiperoides	HEE
Ranunculaceae	
Ranunculus hidrocharoides var. *natans*	HEF
Scrophulacriaceae	
Bacopa monnieri	HEE
Limosella aquatica	HEE
Mimulus glabratus	HEE

Fuente: elaboración propia.

La diversidad de la flora acuática mexicana, representada por plantas vasculares, se estima en 763 especies agrupadas en 262 géneros de 86 familias (Lot *et al*. 1999). Sin embargo, en la última década estas cifras se han modificado y se está lejos de arribar a conclusiones sobre el conocimiento de la flora de los humedales mexicanos, fundamentalmente por la falta de colecciones derivadas de inventarios florísticos que cubran con mayor detalle la gran diversidad de hábitats acuáticos del territorio nacional. Recientemente se publicó el primer volumen, dedicado a las monocotiledóneas, de la obra *Plantas acuáticas mexicanas, una contribución a la flora de México* (Lot *et al*. 2013), que actualiza la información y da cuenta de la existencia de alrededor de 500 especies de monocotiledóneas herbáceas en el territorio nacional, al incluir todas las categorías de hidrófitas: plantas acuáticas, subacuáticas y tolerantes.

Con base en los estudios citados y análisis recientes, se calcula que la flora acuática de lo que hoy comprende la Ciudad de México debió tener, hace cerca de medio siglo, alrededor de 70 especies de hidrófitas o plantas vasculares acuáticas estrictas. Las familias mejor representadas con más de dos géneros y de tres a diez especies serían las lemnáceas, pontederiáceas, potamogetonáceas y ninfáceas.

En las últimas tres décadas, se ha registrado entre 30 y 60% de extinción de las especies que componen la flora acuática vascular estricta de la Ciudad de México y sus alrededores. Hoy se puede llegar a reconocer, en el mejor de los casos, entre 30 y 35 especies de hidrófitas estrictas, de las 70 que se distribuían ampliamente hace apenas cuatro décadas en la entidad.

En cuanto a los registros de endemismos (5.5% del total de especies registradas en la actualidad), se conocen siete especies, representadas principalmente por las familias Alismataceae y Nymphaeaceae (*Sagittaria demersa*, *S. macrophylla*, *Lilaeopsis schaffneriana*, *Jaegeria bellidiflora*, *Nymphaea gracilis*, *N. mexicana* y *Nymphoides fallax*). Desafortunadamente, se encuentran en un alto grado de vulnerabilidad, por la fragmentación y contaminación de los hábitats acuáticos en el valle de México. (Lot *et al*. 2004). *Nymphaea mexicana* y *Nymphoides fallax* se consideran endémicas de México, bajo el concepto Megaméxico II y III, que considera una distribución regional más allá de los límites políticos de la república mexicana hacia el norte y hacia el sur, según Rzedowski (1998).

Formas de vida

Los botánicos y ecólogos dedicados a estudiar las comunidades vegetales de ambientes acuáticos emplean un sistema de clasificación universal a partir de sus formas de crecimiento, que a grandes rasgos las agrupa en: 1) hidrófitas enraizadas: *a*) emergentes, *b*) sumergidas, *c*) de hojas flotantes y

d) de tallos postrados; y 2) hidrófitas libres: *a*) flotadoras y *b*) sumergidas.

Hidrófitas enraizadas emergentes

En este primer grupo, las plantas tienen la característica de mantener las estructuras reproductoras y parte de las vegetativas por encima del agua. Está representado por las especies que aún dominan el paisaje de la mayoría de los lagos y riberas con mayor extensión en los humedales de la zona metropolitana; entre éstas sobresalen los elementos que en su conjunto se conocen popularmente como tulares de las especies de *Typha*, *Schoenoplectus* y *Juncus* principalmente. Algunas especies de esta forma de vida son notables por diversos aspectos botánicos, culturales y económicos que más adelante se comentaran. Este tipo de comunidades vegetales albergan una alta diversidad animal, representada por la mayoría de los grupos de invertebrados y vertebrados acuáticos (en menor proporción) y, particularmente representan un refugio para las aves (Lot *et al.* 2004).

Otros representantes de esta forma de vida se presentan de manera aislada, intermitente y temporal. Entre estas especies destacan: el berro verdadero (*Berula erecta*), la cebollera (*Lilaea scilloides*) y la papa de agua criolla o flecha de agua (*Sagittaria macrophylla*; Lot *et al.* 2004).

Hidrófitas enraizadas sumergidas

Las plantas de esta forma de vida mantienen las estructuras vegetativas inmersas y las reproductoras pueden encontrarse sumergidas o emergiendo parcialmente. Se conocen como las verdaderas plantas acuáticas entre las angiospermas.

A lo largo de su evolución, las estructuras florales y los mecanismos de polinización se han adaptado a la condición sumergida en los ambientes acuáticos, lo que las convierte en un grupo de plantas científicamente interesantes en estudios de biología floral, ecofisiología y morfología ecológica (Arber 1972).

Las especies con mayor distribución en lagos y represas (por ejemplo en San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemalco, Xochimilco) pertenecen a los géneros *Potamogeton* y *Stuckenia*, y representan, junto con el grupo de hidrófitas emergentes, a las poblaciones y comunidades con mayor valor ecológico y alta biodiversidad en los ecosistemas acuáticos. En esta forma de vida también se encuentran especies invasoras y malezoides que compiten con elementos de la flora nativa de los humedales, como son la cola de caballo (*Myriophyllum aquaticum*) y la llamada elodea (*Egeria densa*), ejemplos claros de especies introducidas con fines de ornato que se han naturalizado en los canales de Xochimilco y en sitios con descargas de aguas residuales y otros cuerpos de agua alterados por el ser humano, donde crece abundantemente (Lot *et al.* 2004).

Hidrófitas enraizadas de hojas flotantes

En esta categoría se encuentran las especies de plantas con las hojas en la superficie del agua y con las flores más llamativas representadas por las especies de los géneros *Nymphaea* y *Nymphoides*. Entre las primeras, *Nymphaea gracilis* (atzatzamoll) y *N. mexicana* (atlacuetzon) son especies emblemáticas de México por su carácter endémico, diversidad y valor cultural referido en documentos históricos registrados sobre el uso que tenían entre los antiguos mexicanos (Sahagún 1575). *Nymphoides fallax*, conocido en el valle de México como jaguez u hoja de pescado, no se ha encontrado recientemente distribuida de manera natural en la ciudad, pero ha sido rescatada y propagada con éxito en estanques de jardines botánicos, por lo que su reintroducción en su hábitat (lagos de montaña) estaría garantizada (Lot *et al.* 2004).

Hidrófitas enraizadas de tallos postrados

Se trata de plantas arraigadas al sustrato que mantienen postradas sus hojas sobre el agua

y con estructuras vegetativas y reproductoras que reptan o ascienden en la superficie. Es una forma de vida representada por algunas especies del género *Heteranthera* (Pontederiaceae). La flor de agua (*Heteranthera peduncularis*), localmente es abundante en zanjas, canales y charcas temporales de las delegaciones de Iztapalapa y Tlalpan, pero es considerada como una especie amenazada por su escasez en el valle de México. La cucharilla o patito (*H. rotundifolia*) presenta condiciones similares a la especie mencionada anteriormente (Lot *et al*. 1999, Lot *et al*. 2004).

Hidrófitas libres flotadoras

Conforman parte del paisaje de los canales de Xochimilco y en general de estanques de poca corriente, al formar una carpeta verde que flota sobre la superficie del agua, manteniendo únicamente las raíces sumergidas. De esta forma de vida es muy apreciada el amocillo u orejilla (*Hydromystria laevigata*), usada como abono verde por los campesinos en la región chinampera del sur del valle de México y, en contraste se presenta una especie invasora conocida popularmente en todo el país como lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), al cual a lo largo del tiempo los chinamperos han encontrado uso como abono verde en el acondicionamiento de las chinampas. La altura de la Ciudad de México (2 240 msnm) es el límite altitudinal conocido para esta planta en el mundo. La familia Lemnaceae (plantas conocidas vulgarmente como lentejilla o chichicastle) se encuentra bien representada en los humedales naturales y artificiales de la entidad, con cerca de siete especies de los géneros *Lemna*, *Spirodela* y *Wolffia*.

Hidrófitas libres sumergidas

Son plantas con estructuras vegetativas sumergidas y reproductoras que emergen ligeramente de la superficie del agua. Es una forma de vida menos común y cada vez más rara de observar en los ambientes acuáticos que sobreviven en la capital. En esta categoría se encuentra el género *Ceratophyllum*, con dos especies entre las que sobresale el llamado achorizo o sargazo (*C. demersum*). Además hay cuatro especies de lemnáceas de los géneros *Lemna* y *Wolffiella*, conocidas en general como lentejilla de agua o chilacastle.

Otras formas de vida que están asociadas a las riberas de arroyos permanentes y en buena parte de las corrientes de agua, como son canales y zanjas, son los elementos leñosos que forman los bosques de galería, con especies de árboles como *Alnus acuminata* subsp. *glabrata*, *Salix bonplandiana*, *Taxodium mucronatum*, *Fraxinus uhdei* y *Populus fremontii* subsp. *mesetae*, según Rzedowski y colaboradores (2001). El ahuhuete (*T. mucronatum*) es un elemento emblemático de las orillas de ríos y lagos y, en la ciudad, al menos hasta hace una década, sólo se ha observado en estado silvestre a lo largo del río de los Remedios (Rzedowski 2001), aunque actualmente es cultivado y reintroducido en algunas localidades como Chapultepec. Asimismo, se registra el arbusto *Baccharis glutinosa*, que forma matorrales en terrenos aluviales a la orilla de antiguos lagos (Rzedowski *et al*. 2001).

Importancia

Los servicios ambientales de los ecosistemas acuáticos están regulados o fuertemente influidos por su vegetación. Su importancia radica en la función que desempeñan las comunidades de plantas acuáticas en el movimiento y reserva del agua, en el control de inundaciones, en la regulación del flujo de nutrimentos, en la captura, estabilización y formación de sedimentos, además de constituir el punto de contacto entre los ecosistemas acuáticos y los terrestres (Mitsch y Gosselink 1989, Holland *et al*. 1990 y Tiner 1999).

La importancia económica de estos ecosistemas, conocidos mundialmente como humedales, tiene un alto significado en el valor

estratégico de los recursos de la nación y, en consecuencia, en el aprovechamiento sustentable y la generación de satisfactores económicos de la población, por lo que su entendimiento y conocimiento es fundamental.

En los ambientes acuáticos restringidos a las grandes ciudades, como la Zona Metropolitana de la Ciudad de México, su valor es aún mayor, ya que son un elemento importante para el bienestar de los habitantes de la segunda ciudad más poblada del mundo, por su función en la calidad del aire, en el mantenimiento de la humedad ambiental y en la producción de oxígeno (Mitsch y Gosselink 1989). A su vez, las plantas acuáticas, al formar agrupaciones vegetales relativamente importantes por su cobertura, favorecen la conectividad de otras formas de vida, lo cual reduce el efecto de la fragmentación de los, cada día más, escasos ambientes lacustres y palustres de la ciudad (Lot *et al.* 2004). Las chinampas de Mixquic y Xochimilco, a pesar de su creciente deterioro, aún mantienen una posibilidad de desarrollo en actividades productivas y socioculturales, y su replanteamiento en términos de restauración ecológica podría significar localmente el reinicio de la cultura lacustre y de una economía de sustento, como ocurre en otros centros de población humana ligados históricamente al paisaje palustre (Lot y Zepeda 2009).

La cuenca de México es una de las áreas mejor conocidas desde el punto de vista arqueológico y, por lo tanto, la evidencia de la importancia del hábitat lacustre en la economía de los pueblos prehispánicos está bien documentada. Así lo subraya el estudio de Serra (1995) en una pequeña comunidad aldeana asentada en un islote cercano a la ribera del antiguo lago que unía Chalco con Xochimilco. El estudio de caso permite conocer la gran tradición y conocimiento que los antiguos mexicanos tenían en la recolección, uso, explotación y transformación de las plantas acuáticas como elementos vegetales en la economía lacustre, lo que se ejemplifica en el arte de la cestería, en la pesca y en la construcción y fabricación de implementos aprovechados en la vida cotidiana (Lot *et al.* 2004).

En la actualidad se observa la pérdida de la mayoría de las actividades relacionadas con el valor de uso que tradicionalmente tenían los habitantes de lo que hoy es la Ciudad de México y sus alrededores. El significado cultural y ceremonial que en el pasado tuvieron algunas especies emblemáticas (atlacuatzon y atzatzamolli, ninfáceas también conocidas como cabeza de negro) hoy prácticamente se extinguió. La importancia económica y ecológica en lo relativo a la construcción de las chinampas se mantiene, aunque en menor grado, y se encuentra directamente relacionada con la modificación y desaparición del cultivo de ciénega, por el cambio de uso del suelo y la contaminación del sistema chinampero. Entre las especies de plantas que se siguen utilizando se hallan las siguientes: *Hydrocotyle ranunculoides*, ombligo de venus o malacate; *Polygonum lapathifolium*, achilillo hembra; *Schoenoplectus tabernaemontani*, estapil; *Bidens aurea*, amozote, y el lirio acuático (*Eichhornia crassipes*), que ha venido a sustituir a otras plantas que en el pasado fueron ampliamente utilizadas, como las especies del género *Nymphaea* (Lot *et al.* 2004).

El uso que tiene un desarrollo creciente en cuanto a la conservación y manejo de plantas acuáticas es el ornamental, ilustrado en el cultivo y exhibición de colecciones de plantas vivas en los jardines botánicos de la ciudad. Ejemplos notables de dichos espacios dedicados al esparcimiento y educación ambiental de los recursos vegetales son el jardín de la Fundación Xochitla y el jardín botánico del Instituto de Biología de la UNAM (Lot 2000, 2006).

Amenazas y conservación

Actualmente existen cuatro especies enlistadas en la NOM-059-SEMARNAT-2010 bajo la categoría de amenazadas: *Sagittaria macrophylla*, *Triglochin mexicanum*, *Lemna trisulca*, *Nymphaea mexicana*

(cuadro 1). Este riesgo se incrementa debido a la demanda creciente de agua por parte de la Ciudad de México, que ha propiciado la fragmentación, contaminación y degradación progresiva del recurso, por lo que nos enfrenta a una situación sumamente crítica. Se requiere de una evaluación ambiental detallada del sistema de humedales que procure un plan realista de manejo del caudal ecológico, fundamentado en la ingeniería hidráulica y en el conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, pero sin perder de vista el desarrollo social.

La salud de los hábitats acuáticos está íntimamente relacionada con la calidad del agua, de ello depende en gran medida el grado de conservación de la vegetación palustre y lacustre y de la biodiversidad de la cuenca de México. En este sentido, existen contribuciones que aportan conocimiento sobre la contaminación y efectos de toxicidad de algunos elementos como el cadmio y el plomo en la vegetación flotante de Xochimilco (Miranda y Llangovan 1996, Miranda *et al.* 2000) y sobre el aporte de fósforo y nitrógeno de algunas especies de hidrófitas en el sedimento de los canales de las chinampas (Quiroz 1981, Quiroz *et al.* 1982, Quiroz y Miranda 1984).

En cuanto a las acciones, basadas en los estudios citados en este apartado, particularmente para el caso de los sistemas agrícolas de cultivo de ciénega o chinampa, sobresalen las siguientes propuestas: captar y tratar las aguas residuales de establos y barrios; cancelar las descargas domiciliares, industriales y artesanales conectadas a las redes primarias y secundarias del drenaje; rescatar los suelos salinos y alcalinos mediante la remoción y uso de mejoradores químicos y establecimiento de cultivos forrajeros que ayuden a recuperar el suelo, y finalmente, conservar la flora y fauna nativa de áreas naturales inundables.

La flora acuática es un indicador inequívoco de la delimitación de humedales en un sentido amplio; es decir, su definición abarcaría las áreas susceptibles a inundarse y, en consecuencia, constituye una técnica muy útil en el reconocimiento de zonas que favorecen la infiltración del agua de lluvia y conforman un archipiélago de corredores ecológicos que mantienen la diversidad biológica en los hábitats acuáticos y el régimen hídrico de la entidad.

Conclusión

La flora acuática de la Ciudad de México se encuentra seriamente amenazada, en principio por la modificación, reducción y contaminación de los cuerpos de agua y ecosistemas con vegetación lacustre (lagos), palustre (pantanos) y ribereña (ríos). Se requiere de una evaluación ambiental detallada del sistema de humedales que busque un plan realista de manejo del caudal ecológico, fundamentado en el conocimiento del funcionamiento de los ecosistemas acuáticos y en los estudios de ingeniería hidráulica. Este punto representa un vacío de información crítico y decisivo en la conservación de los recursos naturales y en la calidad del medio ambiente de la Ciudad de México. El sistema chinampero, como ejemplo de socioecosistema, aún mantiene una posibilidad de desarrollo en actividades productivas y socioculturales. Se requiere de un análisis profundo que permita su replanteamiento en términos de restauración ecológica y de una economía de sustento; en otras palabras, se trata de retomar un proyecto acerca de la cultura lacustre de la Ciudad de México.

Referencias

Arber, A. 1972. *Water plants, a study of aquatic angiosperms.* J. Cramer. Nueva York.

Blackaller, M.L. 1937. Contribución al estudio de las ninfeaceas de los lagos y ciénegas del sur y centro del Valle de México. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM, México 7:415-455.

Bonilla-Barbosa, J., J. Viana-Lases y F. Salazar-Villegas. 2000. *Listados Florísticos de México.* xx Flora acuática de Morelos. Instituto de Biología, UNAM, México.

Bonilla-Barbosa, J. y A. Novelo. 1995. *Manual de identificación de plantas acuáticas del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, México.* Cuadernos 26, Instituto de Biología, UNAM, México.

Bravo, H.H. 1930. Las lemnáceas del Valle de México. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM, México 1:7-32.

Bribiesca, S., J.L. 1960. Hidrología histórica del Valle de México. *Revista hidraúlica de México*. 14(3-4):43-61.

De Rose, J.N. 1906. The Mexican waterlilies. Studies in Mexican and Central American plants V. *Contr. U.S. Natl. Herb.* 10(3):93-95.

Hernández, O., A. Quiróz, P. Ramírez-García y A. Lot 2007. Paisaje lacustre: ecología de la vegetación acuática. Pp. 45-59. En: *Guía Ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico.* Coordinación de la Investigación Científica, UNAM.

Herrera, F. y H. Villarreal. 1938. Catálogo de plantas espermatofitas acuáticas y palustres del Valle de México. *Agricultura* 1(7):24-28.

Holland, M., F. Dennos y G. Brij. 1990. The characteristics of wetland ecotones. Pp. 717-798. En: *The ecology and management of aquatic and terrestrial ecotones* R. Naiman y H. Decamps (eds.) MAB Series 4, United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Paris, Francia.

Lot, A. 2000. Plantas acuáticas en los jardines botánicos: ideas sobre el desarrollo de las colecciones. *Boletín Amaranto* 13(2):13-25.

——. 2005. Vegetación acuática de la Laguna de Tecocomulco. pp. 141-147 En: *La Laguna de Tecocomulco geo-ecología de un desastre.* R. Guizar, E. Jiménez y C. Juárez (eds.) Publicación Especial 3 del Instituto de Geología, UNAM,

——. 2006. Xochitla, un jardín de plantas acuáticas. *Revista de la Universidad de México* 23:87-90.

Lot, A. y E. Corona. 1977. Atlacuetzon, planta acuática en los murales de Tepantitla: una posible interpretación. *Biología* 7(1-4):46-50.

Lot, A. y A. Novelo. 1978. *Laguna de Tecocomulco, Hgo. Guías botánicas de excursiones en México*, Sociedad Botánica de México.

Lot, A., A. Novelo y E. Esparza. 2004. *Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la ciudad de México y sus alrededores.* Instituto de Biología, UNAM. México.

Lot, A., A. Novelo, M. Olvera y P. Ramírez-García. 1999. Catálogo de angiospermas acuáticas de México: hidrófilas estrictas emergentes, sumergidas y flotantes. Cuadernos 33, Instituto de Biología, UNAM, México.

Lot, A., A. Novelo y A. Quiroz. 1979. The chinampa: an agricultural system that utilizes aquatic plants. *Journal of Aquatic Plant Management* 17:74-75.

Lot, A. y M. Miranda-Arce. 1983. Notas sobre la interpretación botánica de plantas acuáticas representadas en Códices mexicanos. En: 44 *Congreso Internacional de Americanistas, Manchester 1982.* Imágenes de flora y fauna de culturas precolombinas: iconografía y función. J. F. Peterson (ed.) *Bar Internacional Series* 171:85-91.

Lot, A. y C. Zárate. 2009. Plantas acuáticas del Estado de México. En: *La diversidad biológica de México: Estudio de Estado* G. Ceballos y Col. Gobierno del Estado de México y CONABIO, (eds.) México, pp. 229-241.

Lot, A., R. Medina y F. Chiang. 2013. Plantas acuáticas mexicanas, una contribución a la Flora de México. Instituto de Biología, UNAM, México.

Miranda, M.G. 1980. *Plantas acuáticas útiles del Valle de México.* Tesis de licenciatura, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Miranda, G. y K. Llangovan. 1996. Uptake of lead by *Lemna gibba L.*: influence on specific growth rate and basic biochemical changes. *Bulletin Environmental Contamination and Toxicology* 56:1 000-1 007.

Miranda, G., A. Quiroz y M. Salazar. 2000. Cadmium and lead renoval from water by duckweed *Lemna gibba* L. (Lemnaceae). *Hidrobiológica* 10(1):7-12.

Mitsch, W. y J. Gosselink. 1989. Wetlands. En: *Ecology of soil seed banks.* M. Lek, V. Parker y R. Simpson (eds.). Academic Press. San Diego.

Novelo, A. y M.E. Gallegos. 1988. Estudio de la flora y la vegetación acuática relacionada con el sistema de chinampas en el sureste del Valle de México. *Biotica* 13:121-139.

Olvera, M. y A. Lot 1991. Estudio morfológico de diásporas de algunas especies de plantas acuáticas del Valle de México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 51:39-52.

Pringle, C.G. 1890. Notes on the Mexican Water Lilies. *Garden & Forest* 3:415.

——. 1897. Notes on the Mexican travel XII. My summer in the Valley of Mexico. *Garden & Forest* 10:42-43.

Quiroz, A. 1981. Ninfeaceas indicadoras del contenido de fósforo asimilable en los sedimentos. *Biotica* 6(1):99-100.

Quiroz, A. y G. Miranda. 1984. Determinación del aporte total de nitrógeno y fósforo al sedimento en los canales de Mixquic, por la comunidad de lemnáceas. *Biotica* 9(4):429-432.

Quiroz, A., G. Miranda y A. Lot. 1982. Uso potencial de algunas hidrófitas como abono en la zona chinampera de Xochimilco. *Biotica* 7(4):631-633.

Ramírez-Cantú, D. 1939. Contribución al conocimiento de la flora acuática del Valle de México. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM, México, 10:33-64.

Reiche, C. 1914. *La vegetación de los alrededores de la Capital de México*. Talleres Gráficos de la Nación, México.

——. 1926. *Flora excursoria en el Valle Central de México*. Talleres Gráficos de la Nación, México.

Rzedowski, J. 1957. Algunas asociaciones vegetales de los terrenos del Lago de Texcoco. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 21:19-33.

Rzedowski, J. 1979. Extinción de especies vegetales. Pp. 30-32. En: *Flora fanerogámica del Valle de México*. G.C. Rzedowski y J. Rzedowski. (eds.) Instituo de Ecología, A.C./CONABIO, Pátzcuaro. México.

——. 1998. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. Pp. 129-145. En: *Diversidad Biológica de México: orígenes y distribución*. T. P. Ramamoorthy, *et al*. (eds.) Instituto de Biología, UNAM, México.

——. 2001. Principales comunidades vegetales. Pp.32-38. En: *Flora fanerogámica del Valle de México*. G. C. Rzedowski, y J. Rzedowski, *et al*. (eds.) Instituto de Ecología, A.C., /CONABIO, Pátzcuaro, México

Rzedowski, J. y G. Rzedowski. 1993. Datos sobre la dinámica de la flora fanerogámica del Valle de México, con énfasis en especies nativas raras, en peligro de extinción y aparentemente extintas. *Acta Botánica Mexicana, México* 22:81-108.

Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowski, *et al*. 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. Instituto de Ecología, A.C., /CONABIO, Pátzcuaro, México.

Sánchez, O. 1969. *La Flora del Valle de México*. Herrero, México.

Sahagún, B. 1575, 1829-1830. *Historia general de las cosas de Nueva España*, 3 vols. Bustamante, C. M. (ed.), México.

SMA-PAOT. Secretaría del Medio Ambiente y la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal. 2013 Atlas geográfico del suelo de conservación del Distrito Federal. México

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicado el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente. .

Serra, M.C. 1995. *Terremote-Tlaltenco, los recursos lacustres de la Cuenca de México durante El Formativo*. Tesis doctoral, Facultad de Filosofía y Letras, UNAM, México.

Tiner, R. 1999. *Wetlands indicators. A guide to wetland identification, delineation, classification and mapping*. Lewis Publishers. Nueva York.

25 Diversidad de invertebrados

Hernández.


2

Resumen ejecutivo

Diversidad de invertebrados

Zenón Cano Santana
Iván Castellanos Vargas
Víctor López Gómez

Los invertebrados son organismos multicelulares que carecen de columna vertebral y tienen un cuerpo que puede ser suave o tener estructuras duras que le brindan soporte y protección (Curtis y Barnes 2006). Este grupo de animales contiene una alta variedad de organismos con diversas formas y estilos de vida, que incluye esponjas, corales, medusas, equinodermos (como las estrellas de mar), anélidos (como las lombrices de tierra), helmintos (como las lombrices intestinales), moluscos (como las babosas), crustáceos (como los acociles y las pulgas de agua), insectos y arañas. En esta sección incluimos a los protozoos, que son organismos unicelulares microscópicos que tienen la facultad de moverse en medios acuosos, tales como las amibas y los paramecios, y que se clasifican en el reino Protista (Margulis y Schwartz 1998). En el mundo se han descrito aproximadamente más de 1.5 millones de especies animales, de los cuales cerca de 97% corresponde a los invertebrados (Curtis y Barnes 2006). De hecho, los invertebrados representan 71.6% de las especies conocidas del planeta (Chapman 2009).

Aquí se revisan los animales invertebrados y los protozoos registrados en la Ciudad de México, con la intención de tener un diagnóstico lo más aproximado posible del estado de conocimiento sobre ellos, a partir de los datos que se tienen en colecciones científicas y en la literatura. En esta sección se presentan 21 contribuciones de biodiversidad de grupos concretos de invertebrados, que ofrecen información documentada de los rasgos morfológicos y ecológicos de cada uno de ellos, su diversidad —indicando las familias y géneros más diversos y qué porcentaje de la diversidad nacional está representado en esta entidad federativa—, su distribución, su importancia —ecológica, económica y cultural—, su estado de conservación y las amenazas que se ciernen sobre ellos. Asimismo, se proponen diversas acciones para preservarlos. En esta sección se presentan, adicionalmente, cuatro estudios de caso sobre aspectos específicos de los invertebrados: las arañas de importancia médica, los ortópteros en la cultura, la importancia ecológica de la relación planta-artrópodo y las tarántulas endémicas de la entidad.

De acuerdo con los datos recabados por los autores que participaron en esta sección, se conocen 3 851 especies y subespecies de invertebrados dulceacuícolas y terrestres en la Ciudad de México (incluyendo protozoos), que representaría como máximo 6.6% de la fauna conocida de este tipo en

Cano-Santana, Z., I. Castellanos-Vargas y V. López-Gómez. 2016. Resumen ejecutivo. Diversidad de invertebrados. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 195-202.

el país. Esta riqueza de organismos está relacionada con varios factores ecológicos e históricos, entre los que se cuentan: *a*) la gran diversidad de ecosistemas, tanto manejados (como parques, jardines, estanques, chinampas, canales, nopaleras y bosques urbanos, entre otros), como naturales (bosques, matorrales, zacatonales, cuevas y ríos, entre otros), que permite que haya un mosaico de paisajes acuáticos y terrestres con tipos de vegetación distintos y una rica flora (Rzedowski *et al.* 2001); *b*) su ubicación en la Zona de Transición Mexicana donde se traslapa la distribución de especies provenientes de las regiones frías y secas del norte (el Neártico) y de las regiones cálidas y húmedas del sur (el Neotrópico) (Morrone 2015); *c*) la topografía montañosa y un amplio gradiente altitudinal que va desde los 2 240 hasta los 3 929 msnm (Rzedowski *et al.* 2001), lo cual impone condiciones variadas a las cuales los invertebrados responden diferencialmente, y *d*) la ubicación intertropical de la entidad con un clima templado de altitud elevada (Ezcurra *et al.* 2006).

En esta sección se ofrece información para nueve *phyla*: tres de Protozoa (Ciliophora, Mastigophora y Entamoebia; véase Sina *et al.* 2005) y seis de invertebrados (Nematoda, Platyhelmintes, Acanthocephala, Mollusca, Annelida y Arthropoda; véase Brusca y Brusca 2005), de los cuales 2 372 (62.3%) son insectos, 634 (16.6%) son protozoos, 417 (10.9 %) son arácnidos (incluyendo ácaros), 121 (3.2%) son hexápodos no insectos y 194 (2.5%) son helmintos parásitos de vertebrados (cuadro 1). Entre los insectos destacan por su diversidad conocida las palomillas, que aportan 667 taxones y las moscas y mosquitos con 350 especies (esto es 17.5 y 9.2% de los registros, respectivamente). A pesar de su poca superficie relativa respecto a otras entidades del país, la Ciudad de México tiene el segundo lugar por su diversidad de pulgas, colémbolos y tijerillas, el tercer lugar en estrepsípteros, cucarachas, dipluros, pescaditos de plata y lombrices de tierra, y el cuarto lugar en sínfilos. A esta información se añade el dato del primer lugar que tiene esta entidad por el número de especies de amibas de vida libre (201 de 315; Gallegos-Neyra *et al.* 2014). Este alto conocimiento de la fauna de invertebrados y protozoos puede atribuirse a que la mayoría de los zoólogos se encontraron concentrados en la ciudad durante mucho tiempo, y a que esta entidad ha sido motivo de colectas por expertos nacionales y extranjeros desde el siglo XIX, muy probablemente por la facilidad para recorrerla y para arribar desde el exterior.

Todos estos grupos de invertebrados y protozoos cumplen funciones muy importantes en los ecosistemas de la entidad, pues algunos son formadores de suelo, depredadores, parásitos, polinizadores y desintegradores de la materia orgánica; asimismo, algunos grupos están muy bien adaptados a la vida en las casas habitación y otros tienen importancia médica por ser patógenos u hospederos intermediarios de éstos para el hombre y los animales (Metcalf y Flint 1965, Daly *et al.* 1978, Barnes 1990, McGavin 2002).

En la mayoría de las contribuciones se destaca la destrucción de los hábitats naturales, tanto terrestres como acuáticos, como la mayor amenaza

Cuadro 1. Número de especies y subespecies de invertebrados y protozoos de la Ciudad de México, en relación con los datos que se tiene para México. Se señala, cuando está disponible, el lugar que ocupa respecto a otras entidades del país. ND = no hay datos.

Grupo taxonómico	Nombres comunes o ejemplos	México	Ciudad de México	Lugar a nivel nacional	Referencia del dato para México	Contribución
Protozoos	Protozoarios (paramecios y amibas)	1 420[1]	634[2]	ND	-	Mayén-Estrada *et al.*
Platelmintos[3]	Gusanos planos	1 241	41	ND	Pérez-Ponce de León y García-Prieto *et al.* 2001	García-Prieto *et al.*
Nemátodos[3]	Gusanos redondos	538	50	ND	Pérez-Ponce de León y García-Prieto *et al.* 2001	García-Prieto *et al.*
Acantocéfalos[3]	Gusanos de cabeza armada	87	2	ND	Pérez-Ponce de León y García-Prieto *et al.* 2001	García-Prieto *et al.*
Moluscos	Caracoles, babosas y almejas	4 100[4]	56	ND	CONABIO 2008	Cano-Santana *et al. a*
Anélidos hirudíneos[3]	Sanguijuelas	34	1		Pérez-Ponce de León y García-Prieto *et al.* 2001	García-Prieto *et al.*
Anélidos oligoquetos	Lombrices de tierra	135	27	3	Fragoso 2007	Cano-Santana *et al. b*
Onicóforos[5]	Gusanos de terciopelo	3	0	-	Monge-Nájera 2000[6]	-
Crustáceos	Pulgas de agua, acociles y cochinillas	5 387	51	ND	CONABIO 2008	Cano-Santana *et al. c*
Paurópodos	Paurópodos	4	0	-	Scheller 2002*a*	Cano-Santana *et al. c*
Diplópodos	Milpiés	498	16	12	Bueno-Villegas *et al.* 2004	Cano-Santana *et al. c*
Quilópodos	Ciempiés	69[7]	15	ND	-	Cano-Santana *et al. c*
Sínfilos	Ciempiés de jardín	14	2	4	Scheller 2002*b*	Cano-Santana *et al. c*
Ácaros	Garrapatas, corucos y tlalzahuates	2 625	258	ND	Pérez *et al.* 2014	Durán-Barrón *et al.*
Arañas	Arañas y tarántulas	2 388	127	ND	Durán-Barrón *et al.* 2014	Durán-Barrón *et al.*
Opiliones	Arañas patonas	253	15	ND	Durán-Barrón *et al.* 2014	Durán-Barrón *et al.*
Seudoescorpiones	Alacranes falsos	167	10	ND	Durán-Barrón *et al.* 2014	Durán-Barrón *et al.*
Escorpiones	Alacranes	281	2	ND	Durán-Barrón *et al.* 2014	Durán-Barrón *et al.*
Solífugos	Arañas sol	79	4	ND	Francke 2014	Durán-Barrón *et al.*
Esquizómidos	Minivinagrillos	43	0	ND	Durán-Barrón *et al.* 2014	Durán-Barrón *et al.*
Amblipígidos	Tendarapos, arañas estrella	27	0	ND	Francke (2014)	Durán-Barrón *et al.*
Telifónidos	Vinagrillos	4	0	ND	Francke 2014	Durán-Barrón *et al.*
Palpígrados	Palpígrados	18	1	ND	Francke 2014	Durán-Barrón *et al.*
Ricinúlidos	Garrapatas encapuchadas	16	0	ND	Durán-Barrón *et al.* 2014	Durán-Barrón *et al.*

Cuadro 1. Continuación.

Grupo taxonómico	Nombres comunes o ejemplos	México	Ciudad de México	Lugar a nivel nacional	Referencia del dato para México	Contribución
Proturos	Proturos	17	1	5	Palacios-Vargas y Figueroa 2014	Cano-Santana *et al. d*
Dipluros	Dipluros	48	6	3	Palacios-Vargas y García Gómez 2014	Cano-Santana *et al. d*
Colémbolos	"Insectos" cola de resorte	700	114	2	Palacios-Vargas 1997, Castaño-Meneses 2005	Palacios-Vargas
Arqueognatos	Brinca piedras	14	0	-	Palacios-Vargas 2000*b*	Cano-Santana *et al. d*
Zigentómidos	Pescaditos de plata	36	4	3	Palacios-Vargas 2000*b*	Cano-Santana *et al. d*
Efemerópteros	Efímeras	150	7	22	McCafferty 2011	Cano-Santana *et al. d*
Odonatos	Libélulas y caballitos del diablo	359	43	ND	González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007	González-Soriano
Plecópteros	Moscas de las piedras	47	3	9	Baumann y Kondratieff 1996	Cano-Santana *et al. d*
Blatodeos	Cucarachas	156	16	3	Estrada-Álvarez 2013	Cano-Santana *et al. d*
Isópteros	Termitas	80	5	13	Cano-Santana *et al. d*	Cano-Santana *et al. d*
Mantodeos	Mantis	61	1	ND	Cano-Santana *et al. d*	Cano-Santana *et al. d*
Dermápteros	Tijerillas	52	5	2	Cano-Santana *et al. d*	Cano-Santana *et al. d*
Ortópteros	Chapulines, grillos, esperanzas y caras de niño	920	47	5	CONABIO 2008	Rivera-García
Fasmatodeos	Insectos palo	62	1	ND	U. López-Mora en prep.	Cano-Santana *et al. d*
Embiópteros	Tejedores	37	0	-	Szumik 2002	Cano-Santana *et al. d*
Zorápteros	Piojos del suelo	1	0	-	Engel 2004	Cano-Santana *et al. d*
Socópteros	Piojos de los libros	775	75	ND	A.N. García Aldrete (no publ.)	García Aldrete
Tirápteros	Piojos verdaderos	196	26	ND	Z. Cano-Santana y A. Ortega (no publ.)	Cano-Santana y Romero-Mata *a*
Heterópteros	Chinches verdaderas	5 609	103	ND	CONABIO 2008	Cano-Santana y Romero-Mata *b*
Homópteros	Cigarras, chicharritas y pulgones	2 780	152	ND	CONABIO 2008	Cano-Santana y Romero-Mata *b*
Tisanópteros	Trips	700	97	ND	Johansen y Mojica-Guzmán 1996	Johansen-Naime *et al.*
Megalópteros	Moscas de Dobson	13	2	10	Contreras-Ramos y Rosas 2014*a*	Cano-Santana *et al. d*
Rafidiópteros	Moscas serpiente	14	0	-	Contreras-Ramos y Rosas 2014*a*	Cano-Santana *et al. d*
Neurópteros	Crisopas, hormigas león	349	27	16[8]	Contreras-Ramos y Rosas 2014*b*	Cano-Santana *et al. d*
Coleópteros	Escarabajos	12 635	230	ND	Blackwelder 1944-1957	Zaragoza Caballero

Cuadro 1. Continuación.

Grupo taxonómico	Nombres comunes o ejemplos	México	Ciudad de México	Lugar a nivel nacional	Referencia del dato para México	Contribución
Estrepsípteros	Estrepsípteros	17	1	3	Kathirithamby y Hughes 2006	Cano-Santana *et al. d*
Mecópteros	Moscas escorpión	47	1	14	Contreras-Ramos *et al.* 2014	Cano-Santana *et al. d*
Sifonápteros	Pulgas	172	52	2	Acosta-Gutiérrez 2014	Acosta Gutiérrez
Dípteros	Moscas y mosquitos	ND	350	ND	-	Ávalos-Hernández *et al.*
Tricópteros	Frigáneas	465	17	10	CNO 2016	Cano-Santana *et al. d*
Lepidópteros diurnos	Mariposas	1 929	155	ND	Llorente-Bousquets, Cano-Santana y Romero-Mata C. 2014	Trujano-Ortega y Luis-Martínez
Lepidópteros nocturnos	Palomillas	4 201	667	ND	Prado *et al.* 2011	Romero-Mata y Cano-Santana
Himenópteros no formícidos	Abejas y avispas	5 430	269	ND	Cano-Santana y Romero-Mata	Cano-Santana y Romero-Mata *c*
Himenópteros formícidos	Hormigas	884	16	26	Vásquez-Bolaños 2011	Castaño-Meneses
No. total de taxa		58 737[9]	3 851			

[1]Suma de 959 ciliados (Mayén-Estrada *et al.* 2014*a*), 146 flagelados heterótrofos (Mayén-Estrada *et al.* 2014*b*) y 315 amébidos de vida libre (Gallegos-Neyra *et al.* 2014).
[2]El dato incluye variedades y formas.
[3]Datos de parásitos de vertebrados silvestres solamente.
[4]Incluye especies marinas.
[5]Grupo no abordado en la sección.
[6]La referencia sostiene también el dato para la Ciudad de México.
[7]Calculado a partir de las 585 especies de miriápodos que reporta CONABIO (2008) menos las 516 especies que registran en conjunto paurópodos, diplópodos y sínfilos.
[8]Según datos de Oswald *et al.* (2002)
[9]La suma considera como registros para el país el número de especies de moscas y mosquitos registrados para la Ciudad de México.
Fuente: elaborado por los autores

que tienen estos organismos. Otras importantes amenazas mencionadas fueron la contaminación ambiental y la introducción de especies exóticas y en menor medida, el cambio climático, el saqueo y comercio de especies, la sobrepesca (sobre los acociles), la luz artificial (sobre las palomillas) y las fobias o indiferencia hacia estos organismos. De particular interés es grave la incidencia de especies exóticas en la entidad, entre las que destacan la abeja europea (*Apis mellifera*), el caracol de jardín (*Helix aspersa*) y muchas otras especies de caracoles, babosas y lombrices de tierra, lo cual provoca una competencia con las especies nativas y puede llevar a estas últimas a la extinción (véase Naranjo-García y Fahy 2010). Otras especies exóticas, como las carpas y las tilapias, afectan a la fauna de invertebrados de los cuerpos de agua, como es el caso de los acociles. Es alarmante que 25% de los moluscos de la ciudad sean exóticos y que esta entidad sea la que más especies de lombrices de tierra exóticas tenga en su territorio.

Los autores coinciden en la necesidad de llevar a cabo múltiples acciones para conservar esta rica diversidad de animales invertebrados, entre las que

se cuentan ampliar el número y extensión de las áreas naturales protegidas; proteger de la mancha urbana a las áreas verdes, las áreas rurales y los cuerpos de agua; reforestar con especies nativas; motivar los estudios sobre estos organismos proyectando colectas en las áreas no muestreadas; y mantener un programa de educación ambiental que permita a los ciudadanos que viven en las áreas urbanas apreciar la importancia y belleza de estos organismos, entre otras acciones.

Es importante seguir motivando el estudio de los invertebrados que aún no se han descrito, incentivando las colectas de campo y su depósito en colecciones científicas. Asimismo, es imperante alentar la formación de recursos humanos que clasifiquen y nombren a las especies de animales invertebrados de la ciudad. Por último, es necesario diseñar y ejecutar planes de desarrollo cuya base operativa sea la conservación y el uso racional y científico de los recursos naturales que sostienen la calidad de vida de los habitantes de esta entidad.

Referencias

Acosta-Gutiérrez, R. 2014. Biodiversidad de Siphonaptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:S345-S352.

Barnes, R.A. 1990. *Zoología de los invertebrados*. Interamericana, México.

Baumann, R.W. y B.C. Kondratieff. 1996. Plecoptera. Pp. 169-174. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. I. J. Llorente, A.N. García y E. González (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Blackwelder, R.E. 1944-1957. Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, The West Indies, and South America, I-VI. Smithsonian Institution, *Bulletin United States National Museum* 185.

Brusca, R.C. y G.J. Brusca. 2005. *Invertebrados*. McGraw-Hill-Interamericana, México.

Bueno-Villegas, J., P. Sierwald y J.E. Bond. 2004. Diplopoda. Pp. 569-599. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. IV. J.E. Llorente, J. J. Morrone, O. Yáñez e I. Vargas (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Castaño-Meneses, G. 2005. Catálogo de los colémbolos (Hexapoda: Collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo, México (reseña). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:107-108.

Chapman, A.D. 2009. *Numbers of living species in Australia and the world*. Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, Gobierno de Australia, Canberra.

CNO. Coleoptera Neotropical. Org. 2016. Trichoptera de México. En: <*http://www.coleoptera-neotropical.org/6_Arthropoda/6qi_Trichoptera/0pais/Trich-Mexico.html*>, última consulta: julio de 2016.

CONABIO. 2008. *Capital natural de México*, vol. I.: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México.

——. 2015. Abejas, avispas y hormigas (Orden Hymenoptera). En: <*http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/animales/insectos/abejas/abejas.html*>, última consulta: 6 de agosto de 2015.

Contreras-Ramos, A. y M.V. Rosas. 2014*a*. Biodiversidad de Megaloptera y Raphidioptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl.85:257-263.

——. 2014*b*. Biodiversidad de Neuroptera. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:257-263.

Contreras-Ramos, A., M.A. Sarmiento-Cordero y N.D. Penny. 2014. Biodiversidad de Mecoptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:339-344.

Curtis, H. y N.S. Barnes. 2006. *Biología*. Panamericana, México.

Daly, H.V., J.T. Doyen y P.P. Ehrlich. 1978. *Introduction to insect biology and diversity.* McGraw-Hill Kogakusha, Tokio.

Engel, M.S. 2004. Zoraptera. Pp. 637-640. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. IV. J.E. Llorente, J.J. Morrone, O. Yáñez e I. Vargas (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Estrada-Álvarez, J.C. 2013. Primera lista de las cucarachas de México (Dictyoptera: Blattodea). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* (SEA) 53:267-284.

Ezcurra, E., M. Mazari, I. Pisanty y A.G. Aguilar. 2006. *La cuenca de México*. FCE, México.

Francke, O.F. 2014. Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:S408-S418.

Fragoso, C. 2007. Diversidad y patrones biogeográficos de las lombrices de tierra de México (Oligochaeta, Annelida). Pp. 345-353. En: *Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecología*. G.G. Brown y C. Fragoso (eds.). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Soja, Londrina.

Gallegos-Neyra, E.M., A. Lugo-Vázquez, A. Calderón-Vega, *et al*. 2014. Biodiversidad de protistas amébidos de vida libre en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:S10-S25.

González-Soriano, E. y R. Novelo-Gutiérrez. 2007. Odonata of Mexico revisited. Pp. 105-136. En: *Odonata: biology of dragonflies*. B.K. Tyagi (ed.). Scientific Publishers, Jodhpur, India.

Johansen, R.M. y A. Mojica-Guzmán. 1996. Thysanoptera, Pp. 245-273. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento* J. Llorente, A.N. García y E. González (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Kathirithamby, J. y D.P. Hughes. 2006. Description and biological notes of the first species of *Xenos* (Strepsiptera: Stylopidae) parasitic in *Polistes carnifex* F. (Hymenoptera: Vespidae) in Mexico. *Zootaxa* 1104:35-45.

Llorente-Bousquets, J., I. Vargas-Fernández, A. Luis-Martínez, *et al*. 2014. Biodiversidad de Lepidoptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:S353-S371.

López-Mora, U. En prep. *Los géneros de Phasmatodea de México con una clave ilustrada para su determinación taxonómica*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad de México.

Margulis, L. y K. Schwartz. 1998. *Five kingdoms. An illustrated guide to the phyla of life on Earth.* W.H.Freeman & Co., San Francisco.

Mayén-Estrada, R., M. Reyes-Santos y R. Aguilar-Aguilar. 2014*a*. Biodiversidad de Ciliophora en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:S34-S43.

Mayén-Estrada, R., M. Reyes-Santos y M.E. Vicencio-Aguilar. 2014*b*. Biodiversidad de protistas (flagelados heterótrofos) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 85:26-33.

Metcalf, C.L. y W.P. Flint. 1965. *Insectos destructivos e insectos útiles*. Continental, México.

McCafferty, W.P. 2011. New Mexican and Central American Ephemeroptera records, with first species checklist for Mexican states. *Transactions of the American Entomological Society* 137:317-327.

McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.

Monge-Nájera, J. 2000. Onychophora. Pp. 105-114. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*. Hacia una síntesis de su conocimiento, vol. II. J.E. Llorente, E. González y N. Papavero (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Morrone, J.J. 2015. Halffter's Mexican transition zone (1962–2014), cenocrons and evolutionary biogeography. *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 53:249-257.

Naranjo-García, E. y N.E. Fahy. 2010. The lesser families of Mexican terrestrial molluscs. *American Malacological Bulletin* 28:59-80.

Oswald, J.D., A. Contreras-Ramos y N.D. Penny. 2002. Neuroptera (Neuropterida). pp. 559-581. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. III. J.E. Llorente y J.J. Morrone (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Palacios-Vargas, J. G. 1997. *Catálogo de los Collembola de México*. Facultad de Ciencias-UNAM, México.

——. 2000. Archaeognatha y Zygentoma. Pp. 285-291. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*. Hacia una síntesis de su conocimiento, vol. II. J.E. Llorente, E. González y N. Papavero (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Palacios-Vargas, J.G. y A. García-Gómez. 2014. Biodiversidad de Diplura (Hexapoda: Entognatha) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, Supl. 85:236-242.

Palacios-Vargas, J.G. y D. Figueroa. 2014. Biodiversidad de Protura (Hexapoda: Entognatha) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:232-235.

Pérez, T.M., C. Guzmán-Cornejo, G. Montiel-Parra, *et al*. 2014. Biodiversidad de ácaros en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85: S399-S407.

Pérez-Ponce de León, G., L. García-Prieto y B. Mendoza-Garfias. 2011. Describing parasite biodiversity: The case of the helminth fauna of wildlife vertebrates in Mexico. Pp. 33-54. En: O. Grillo y G. Venora (eds.). *Changing diversity in changing environment*. InTech, Croacia.

Prado, B.R., E. Domínguez y C. Pozo. 2011. Palomillas. Pp. 192-196. En: *Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación*, tomo 2. C. Pozo (ed.). CONABIO/Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), Gobierno del Estado de Quintana Roo/Programa de Pequeñas Donaciones (PPD), México.

Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowski, *et al*. 2001. *Flora fanerogámica del Valle de México*. 2ª edición. INECOL/CONABIO. Pátzcuaro.

Scheller, U. 2002*a*. Pauropoda. Pp. 429-432. En: B*iodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*. Hacia una síntesis de su conocimiento, vol. III. J. Llorente y J.J. Morrone (eds.). CONABIO/UNAM, México.

——. 2002*b*. Symphyla. Pp. 433-437 En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. III. J. Llorente y J.J. Morrone (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Sina, A.M.A.D.L, A.G.B. Simpson, M.A. Farmer, *et al*. 2005. The new higher level classification of eukaryotes with emphasis on the taxonomy of Protists. *Journal of Eukaryotic Microbiology* 52:399-451.

Szumik, C. 2002. Embioptera. Pp. 441-448. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*. Hacia una síntesis de su conocimiento, vol. III. J. Llorente y J.J. Morrone (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Vásquez-Bolaños, M. 2011. Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México. *Dugesiana* 18:95-133.

Protozoarios (Protozoa)

Rosaura Mayén Estrada
Margarita Reyes Santos
Maricela Elena Vicencio Aguilar
Rogelio Aguilar Aguilar

Descripción

Los miembros del reino Protozoa comprenden grupos conocidos coloquialmente como ciliados, amebas, flagelados y apicomplexos (figura 1). Todos comparten la característica de ser unicelulares y eucariontes (que tienen un núcleo y varios orgánulos celulares rodeados por membranas). Sus ciclos de vida involucran fases de reproducción sexual y asexual, con generaciones numerosas en lapsos de tiempo cortos (Sleigh 2001).

Los protozoos, que fueron descubiertos por Anton van Leeuwenhoek en el siglo XVII, actualmente son considerados integrantes de dos reinos en el dominio Eukarya: reino Protozoa, que integra a la gran mayoría de los protozoos, y reino Archezoa, que incluye entre otros a algunas amebas que carecen de mitocondrias (Corliss 1994).

Diversidad

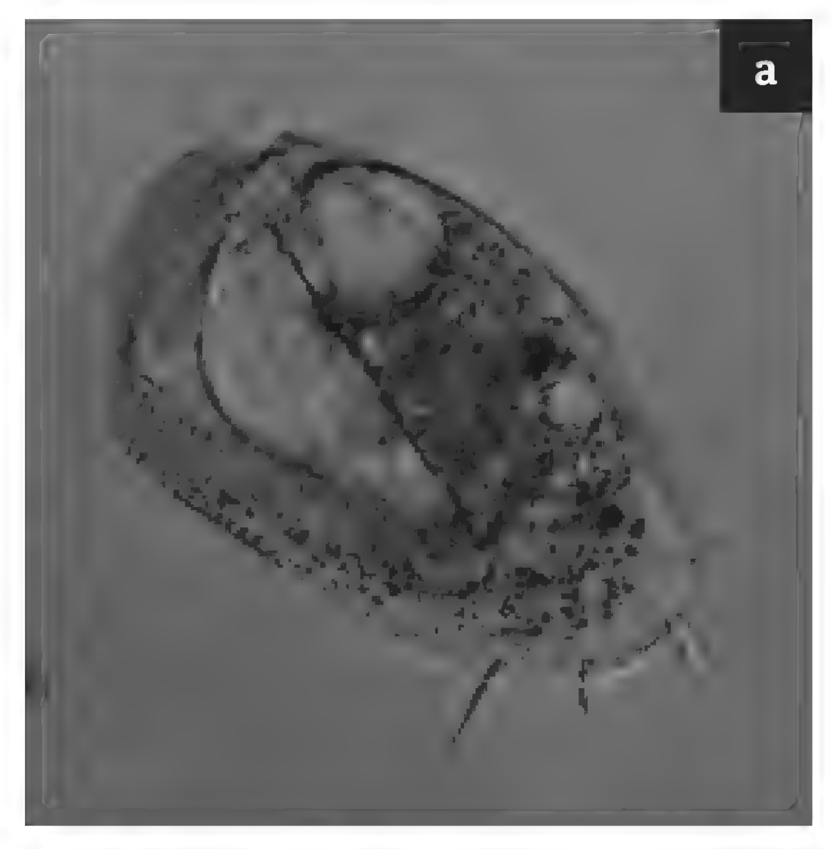
No existe un estimado preciso de las especies de protozoos descritos y registrados en México. De acuerdo con López-Ochoterena (1970) el estudio de la rica diversidad de protozoos en el país inició entre 1921-1924. Recientemente, Aladro-Lubel y colaboradores (2006) estimaron, para el caso de los ciliados, una cifra de 581 especies en la República Mexicana, de los cuales alrededor de 230 son especies dulceacuícolas. Para la Cantera Oriente, al sur de la Ciudad de México, se registraron 135 especies de varios grupos de protozoos (Aladro-Lubel *et al.* 2007).

En la entidad se registra a la fecha un total de 609 especies contenidas en 252 géneros, 144 familias y 54 órdenes, distribuidas en diferentes hábitats (Bravo 1927, Barajas de López 1967, López-Ochoterena y Rouré-Cané 1970, Coronado-Gutiérrez 1973, Rico-Ferrat 1975, Tomasini-Ortiz 1975, Rivera *et al.* 1978, 1979, 1986, 1988, 1992, Tay *et al.* 1980, Madrazo-Garibay y López-Ochoterena 1982, Madrazo-Garibay *et al.* 1986, 1988*a*, *b*, 1990, Bonilla 2000, Aladro-Lubel *et al.* 2006, 2007, 2009, Cabral, 2006, Toledo-Trejo 2007). Sin embargo, incluyendo variedades y formas el número de registros asciende a 634 (apéndice 21).

Distribución

En la Ciudad de México las especies de protozoos pueden ser ubicuas, es decir, encontrarse en cualquier muestra de cualquier ambiente. Se establecen donde existan hábitats apropiados para alimentarse y reproducirse, por ejemplo, ríos, lagos, plantas de tratamiento de agua, charcos temporales y suelos húmedos; también están asociados a musgos y animales domésticos o silvestres, por lo que pueden ser denominados cosmopolitas (cuadro 1). La principal condicionante ambiental para su distribución es la presencia de agua, pero factores como la temperatura, el pH, la concentración de oxígeno y la distribución de sus huéspedes, entre otros, también la limitan. Muchos protozoos, principalmente los

Mayén-Estrada, R., M. Reyes-Santos, M.E. Vicencio-Aguilar y R. Aguilar-Aguilar. 2016. Protozarios (Protozoa). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 204-208.







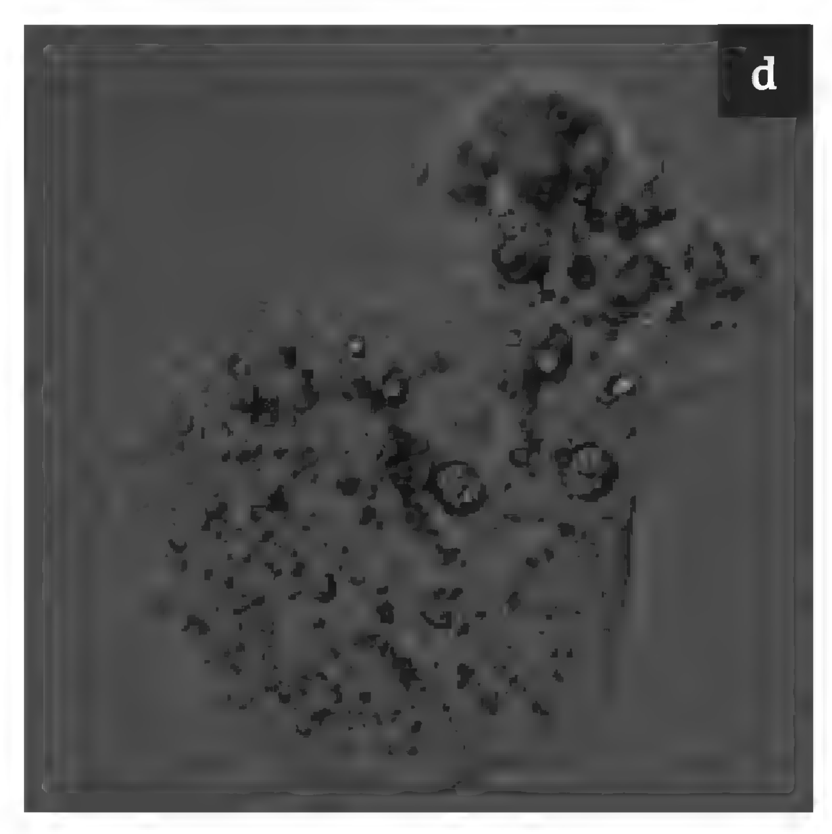




Figura 1. Protozoos de la Ciudad de México recolectados en la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria. Ciliados: *a*) *Euplotes* sp. (Foto: Margarita Reyes-Santos) y *b*) *Paramecium* sp. (Foto: Rogelio Aguilar-Aguilar); amebas: *c*) *Centropyxis* sp. (Foto: Margarita Reyes-Santos), *d*). *Mayorella* sp. (Foto: Margarita Reyes-Santos y Maricela Vicencio-Aguilar) y *e*) *Saccamoeba* sp. (Foto: Margarita Reyes-Santos y Maricela Vicencio-Aguilar).

que se encuentran en hábitats terrestres, son capaces de formar quistes, esporas y cuerpos de resistencia, pudiendo conservarse viables por un periodo largo, a pesar de que haya condiciones desfavorables. Pueden ser dispersados por el aire, mediante escurrimientos, por la acción humana o mediante algunos vectores, como es el caso de algunos animales invertebrados o vertebrados. Los protozoos de la ciudad incluyen organismos planctónicos (que se desplazan en la columna de agua) o bentónicos (que están en comunicación con los sedimentos o suelo). El endemismo a nivel mundial es restringido a pocas especies (p. ej., se ha estimado en el caso de los ciliados, hasta 30%), pero para la ciudad no se cuenta con información.

Importancia

Los protozoos son componentes clave de las redes tróficas acuáticas y del suelo, como miembros del plancton, bentos y microbiota en general, como productores primarios, consumidores de biomasa en descomposición y recicladores de nutrimentos (Sleigh 1973). Los flagelados y los ciliados de vida libre son los consumidores de bacterias más importantes en ecosistemas acuáticos y terrestres. En particular, los ciliados fagótrofos (heterótrofos cuyo alimento se almacena en vacuolas) son los más abundantes en la biosfera (Corliss 2002). Las amebas distribuidas en ambientes acuáticos y terrestres juegan un importante papel como consumidores primarios (Sleigh 1973).

Cuadro 1. Hábitats y delegaciones dentro de la Ciudad de México con mayor número de registros publicados para los principales grupos de protozoos. Se muestran los porcentajes, siendo estos aproximados debido a que en varias publicaciones no se consignan datos de localidad o hábitat.

	Ciliados	Flagelados	Amoebas	Esporozoos	Heliozoos
Principales hábitats	Agua dulce en ríos y lagos (61%), sistemas de tratamiento de agua, aguas negras y drenaje doméstico (22%), simbiontes de vertebrados (16%), otros (1%)	Agua dulce en lagos y agua potable (50%), simbionte (25%), sistemas de tratamiento de agua y aguas negras (18%), otros (7%)	Sistemas de agua potable y piscinas (39%), sistemas de tratamiento de agua y aguas negras (21%), agua dulce en ríos y lagos (18%), simbiontes (15%), otros (7%),	Simbiontes de vertebrados (98%), otros (2%)	Agua dulce (70%), sistemas de agua potable y piscinas (30%)
Delegaciones con mayor número de registros	Miguel Hidalgo (30%), Coyoacán (25%), Xochimilco (20%), Magdalena Contreras (16%), Azcapotzalco (7%), otras (2%)	Miguel Hidalgo (27%), Xochimilco (23%), Coyoacán (19%), Iztapalapa (7%), Iztacalco (6%), otras (18%)	Coyoacán (26%), Xochimilco (21%), Miguel Hidalgo (12%), Iztapalapa (11%), Álvaro Obregón (8%), otras (22%)	No hay datos	Xochimilco (37%), Coyoacán (27%), Miguel Hidalgo (18%), Benito Juárez (9%), Cuauhtémoc (9%)
Familias con mayor número de géneros	*Buetschiidae* (7) *Ophryoscolecidae* (6)	*Bodonidae* (6) *Hexamitidae* (5)	*Euglyphidae* (5)	*Diplosporidae* (2)	*Acanthocystidae* (3)
Géneros con mayor número de especies	*Entodinium* (14) *Vorticella* (12)	*Euglena* (34) *Trichomonas* (10)	*Amoeba* (12)	*Eimeria* (35)	*Raphidiophrys* (2)

Fuente: elaborado por los autores.

Aunque la gran mayoría de las especies de ciliados son aerobias (es decir, que utilizan oxígeno para su metabolismo), sus especies anaerobias (que no lo necesitan) son indicadoras de este tipo de condiciones en el ambiente (Sleigh 1973, 1989). Asimismo, los protozoos establecen simbiosis con una amplia gama de organismos, como los vertebrados, los invertebrados acuáticos, las plantas, los musgos, las algas e incluso entre ellos mismos (Sleigh 2001).

Situación

El estudio de los diferentes grupos de protozoos es parcial y fraccionado, realizado principalmente en los ambientes acuáticos, los cuales representan un medio ideal para el establecimiento, crecimiento y reproducción de numerosas especies. Otros ambientes, como el suelo, se han estudiado menos, y en todos los casos se han dirigido principalmente al aspecto taxonómico, sin consideraciones ecológicas.

Amenazas y conservación

La desecación y contaminación de los cuerpos de agua, la alteración de los ecosistemas por efectos antropogénicos, la introducción de especies exóticas de plantas, vertebrados e invertebrados, que acarrean consigo especies no nativas de protozoos, son elementos que pudieran amenazar la microbiota actual, al grado incluso de llegar a la extinción de varias especies.

A pesar de que las poblaciones de protozoos tienen un alto potencial de colonización de hábitats, es imprescindible contrarrestar el deterioro de los ecosistemas, evitando cambios drásticos en los ambientes naturales que los vuelva inhabitables.

Conclusión

Los futuros estudios en el grupo deben encaminarse al conocimiento taxonómico de las especies que habitan en los cuerpos de agua de la Ciudad de México, integrando estos datos con el análisis de su rol ecológico y con la potencialidad de plantear estrategias para el sostenimiento de los ecosistemas acuáticos. En el caso de los protozoos de la capital se requiere una evaluación y registro de especies, en los diversos ambientes acuáticos, terrestres y de animales silvestres y domésticos con programas de investigación encaminados a resaltar su variación temporal, el impacto de los organismos parásitos, así como su potencial uso como bioindicadores.

Referencias

Aladro-Lubel, M.A., R. Mayén-Estrada y M. Reyes-Santos. 2006. Listados faunísticos de México. XI. Registro actualizado de ciliados (agosto, 2004). Instituto de Biología, UNAM, México.

Aladro-Lubel, M.A., M. Reyes-Santos, F. Olvera-Bautista y M.N. Robles-Briones. 2007. Ciliados y otros protozoos. Pp. 97-122. En: *Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico*. A. Lot (coord.). UNAM, México.

Aladro-Lubel M.A., M. Reyes-Santos y F. Olvera-Bautista. 2009. Diversidad de los protozoos ciliados. Pp. 63-70. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel* (eds. A. Lot y Z. Cano-Santana). UNAM, México.

Barajas-de López, E. 1967. *Monocystis agilis* Stein, 1848 (Protozoa, Sporozoa), entozoico de *Allolobophora longa* Ude, 1885 (Annelida, Oligochaeta); colectados en México, D.F. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 27:29-36.

Bonilla, L.P. 2000. *Heterogeneidad de las amibas de vida libre con potencial patógeno aisladas de la atmósfera de la Ciudad de México*. Tesis de doctorado en Ciencias (Biología). Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Bravo, H. 1927. Flagelados encontrados en batracios y reptiles del valle de México. *Memorias de la Sociedad Alzate* 48:385-390.

Cabral, C. 2006. *Variación espacio-temporal de los protozoos (Phylum Ciliophora) del lago urbano Tezozómoc*. Tesis. Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México.

Corliss, J.O. 1994. An interim utilitarian ("user-friendly") hierarchical classification and characterization of the protists. *Acta Protozoologica* 33:1-51.

——. 2002. Biodiversity and biocomplexity of the protists and an overview of their significant roles in maintenance of our biosphere. *Acta Protozoologica* 41:199-219.

Coronado-Gutiérrez, R. 1973. *Estudio protozoológico e hidrológico de algunas piscinas del D.F. y del Estado de Morelos*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

López-Ochoterena, E. 1970. Historia de las investigaciones sobre protozoarios de vida libre de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 31:1-15.

López-Ochoterena, E. y M.T. Rouré-Cané. 1970. Lista taxonómica comentada de protozoarios de vida libre de México. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 31:23-68.

Madrazo-Garibay, M. y E. López-Ochoterena. 1982. Segunda lista taxonómica comentada de protozoarios de vida libre de México. *Revista Latinoamericana de Microbiología* 24:281-295.

Madrazo-Garibay, M., E. López-Ochoterena, G. Rico-Ferrat y G. Serrano-Limón. 1986. Especies del Phylum Sarcomastigophora asociadas a animales y plantas silvestres, estudiadas en México. I. Relación taxonómica y bibliográfica. *Anales Instituto de Biología, Serie Zoología* 57(2):399-414.

——. 1988*a*. Especies del Phylum Sarcomastigophora asociadas a animales domésticos, estudiadas en México. IV. Relación taxonómica y bibliográfica. *Anales Instituto de Biología, Serie Zoología* 58(2):843-852.

——. 1988*b*. Especies de los phyla Apicomplexa y Microspora asociadas a animales domésticos, estudiadas en México. V. Relación taxonómica y bibliográfica. *Anales Instituto de Biología, Serie Zoología* 58(2):853-868.

——. 1990. Especies del Phylum Apicomplexa asociadas a animales silvestres, estudiadas en México. II. Relación taxonómica y bibliográfica. *Anales Instituto de Biología* 61(2):329-335.

Rico-Ferrat, G. 1975. *Aspectos biológicos de los protozoarios de las aguas negras*. Tesis de licenciatura en biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Rivera, F., M.E. Paz, A. Ortega y E. López-Ochoterena. 1978. Estudio biológico de amibas del grupo "Limax", géneros *Naegleria y Acanthamoeba*. *Archivos Mexicanos de Anatomía* 15(3):45-58.

Rivera, F., A. Ortega, E. López-Ochoterena y M.E. Paz. 1979. A quantitative morphological and ecological study of protozoa polluting tap water in Mexico City. *Transactions of the American Microscopical Society* 98(3):465-469.

Rivera, F., A. Lugo, J. Ponce, *et al*. 1986. Zooflagellates in an anaerobic waste stabilization pond system in Mexico. *Water, Air and Soil Pollution* 27:199-214.

Rivera, F., F. Castro, G. Moreno, *et al*. 1988. Protozoa of a rotating biological contactor treatment plant in Mexico. *Water, Air and Soil Pollution* 42:281-301.

Rivera, F., A. Lugo, E. Ramírez, *et al*. 1992. Seasonal distribution of air-borne protozoa in Mexico City and its suburbs. *Water, Air and Soil Pollution* 61:17-36.

Sleigh, M.A. 1973. *The Biology of Protozoa*. Edward Arnold, Londres.

——. 1989. *Protozoa and other protists*. Cambridge University Press, Cambridge.

——. 2001. Protozoa. En: *The encyclopedia of life sciences*. Nature Publishing Group, Londres.

Tay, J., P.M. Salazar, M.I. Bucio, *et al*. 1980. La enfermedad de Chagas en la República Mexicana. *Salud Pública de México* 22(4):409-450.

Toledo-Trejo, E. 2007. *Presencia y distribución de amibas y ciliados en el Sistema de lodos activados de la Ciudad Universitaria*. Tesis maestría en ciencias biológicas (Biología Ambiental). Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, México.

Tomasini-Ortiz, P.G. 1975. *Aspectos biológicos de los protozoarios de agua dulce*. Tesis licenciatura en biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Caracoles, babosas y almejas (Mollusca)

Zenón Cano Santana
Ariana Romero Mata
Arzu Rivera García

Descripción

Los moluscos son invertebrados terrestres, dulceacuícolas o marinos se caracterizan por tener cuerpos blandos no segmentados, muchas veces protegidos por una concha dura (aunque algunos no la presentan) y por poseer una lengua armada con hileras de dientes, llamada rádula (Curtis y Barnes 2006, Fernández 2007). Incluyen a los pulpos, calamares, lapas, caracoles, almejas, ostras, quitones y babosas. Por su riqueza de especies, ocupan el segundo lugar después de los artrópodos, con 83 525 especies descritas, de las cuales 52 525 son marinas, 24 mil terrestres y 7 mil de agua dulce (Chapman 2009). Los gasterópodos (Clase Gastropoda o Gasteropoda), que incluyen a los caracoles (que tienen concha en espiral), lapas (con concha cónica) y babosas (con concha muy reducida o interna), habitan tanto en ambientes terrestres como marinos y dulceacuícolas y son el grupo más diverso de moluscos, con 62 mil especies conocidas en el mundo (Bunje 2012). Estos organismos se caracterizan por tener una cabeza bien diferenciada con al menos un par de tentáculos. Los bivalvos (clase Bivalvia), por su parte, están representados por moluscos marinos y dulceacuícolas que incluyen almejas, ostiones, mejillones, ostras y escalopas, que se caracterizan por tener una concha de dos piezas unidas entre sí como un estuche, de modo que todo su cuerpo se protege dentro de ésta y su cabeza se reduce mucho de modo que la rádula desaparece y sólo se notan unos apéndices sensoriales labiales en su boca (figura 1, Fernández 2007). Este grupo es el segundo más diverso de moluscos, con 20 mil especies (Fernández 2007), de las cuales 1 026 son de agua dulce (Bogan 2008).

En este capítulo se hace una revisión de los moluscos gasterópodos y bivalvos continentales registrados en la Ciudad de México, pues los demás representantes del phylum, las clases Monoplacophora, Poliplacophora (quitones), Scaphopoda (colmillos de mar) y Cephalopoda (pulpos y calamares) son todos marinos (Fernández 2007). Los datos de esta contribución fueron obtenidos sobre todo de Pilsbry (1903), Naranjo-García y Olivera-Carrasco (2007) y Thompson (2008, 2011), así como de los reportes de Rivera-García (2008, 2013) y Vital-Arriaga (2009) sobre los gasterópodos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA), el de Taracena-Morales (2010) para el Bosque de Tlalpan y el de López-Rojas (2004) sobre la biota de Xochimilco, entre otros.

Diversidad

Se registraron 56 especies y subespecies de moluscos en la Ciudad de México: cuatro bi-

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata y A. Rivera-García. 2016. Caracoles, babosas y almejas (Mollusca). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México. pp.208-218.

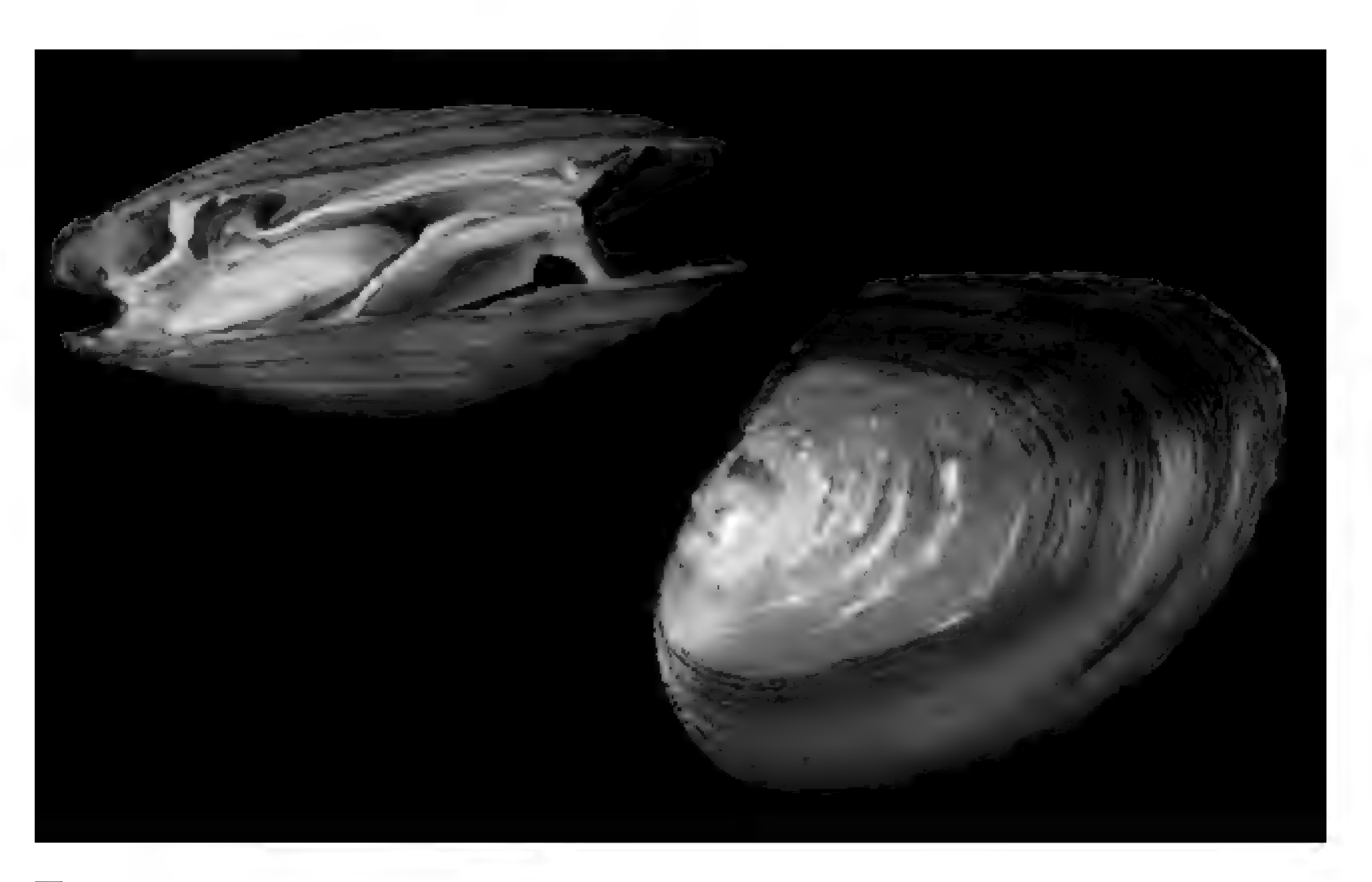


Figura 1. Aspecto de una almeja (Mollusca: Bivalvia) del género *Anodonta*. Foto: Carmen Loyola.

valvos (las almejas *Anodonta impura*, *Sphaerium triangulare, Musculium subtransversum y Pisidium abditum*) y 52 gasterópodos (apéndice 22). Estos moluscos se agrupan en 25 familias (23 de Gastropoda y dos de Bivalvia), entre las que destacan por su riqueza: Limacidae (con siete especies), Orthalicidae (6), Humboldtianidae (4), Oleacinidae (4) y Planorbidae (4), todas pertenecientes a la clase Gastropoda (cuadro 1). La familia Sphaeriidae de los Bivalvia fue, por su parte, la más rica de este grupo, con tres especies.

En este trabajo no se incluye a *Drymaeus droueti deletus* (Gastropoda: Orthalicidae) reportada por error por Solem (1955) en "Mexico, D.F.", pues él mismo y Thompson (2008, 2011) sostienen que es una especie exclusiva del estado de Veracruz.

Estas 56 especies representan 1.4% de las 4 100 que se reportan en total en México, incluyendo las marinas (CONABIO 2008). En particular, de las 69 especies de bivalvos dulceacuícolas registradas para el país, en la Ciudad de México se presentan 5.8% de éstas (Contreras-Arquieta 2000). Los gasterópodos, por su parte, representan 4% de las 1 320 especies y subespecies continentales (es decir, no marinas) de este grupo registradas en el país (ver datos de Contreras-Arquieta 2000 y Naranjo-García y Fahy 2010). Entre los gasterópodos de la ciudad se encuentran 41 especies terrestres y 11 de agua dulce, e incluyen una lapa (*Laevapex papillaris*), 42 caracoles (como el caracol pardo de jardín, *Helix aspersa*; figura 2) y nueve babosas (como *Lehmannia valentiana*; figura 3). Las 41 especies y subespecies de gasterópodos terrestres equivalen a 3.6% de las 1 178 que registran Naranjo-García y Fahy (2010) para el país en este ambiente. Asimismo, las 11 de agua dulce (una lapa y 10 caracoles) corresponden a 7.7% de las 142 encontradas en este hábitat en México (Contreras-Arquieta 2000), incluyendo a *Valvata humeralis* que tiene hábitos anfibios (esto es, que vive en ambientes terrestres y acuáticos; apéndice 22).

Cuadro 1. Número de especies y subespecies de cada familia de moluscos para la Ciudad de México.

Familia	Número de especies
Limacidae	7
Orthalicidae	6
Spiraxidae	5
Humboldtianidae	4
Oleacinidae	4
Planorbidae	4
Charopidae	3
Lymnaeidae	3
Sphaeriidae*	3
Succineidae	3
Punctidae	2
Vertiginidae	2
Zonitidae	2
Ancylidae	1
Arionidae	1
Boetgerillidae	1
Gastrodontidae	1
Helicarionidae	1
Helicidae	1
Hydrobiidae	1
Oxychilidae	1
Philomycidae	1
Physidae	1
Spiraxidae	1
Unionidae*	1
Valvatidae	1
Total	56

*Familias de almejas (Bivalvia)

Fuente: recopilación de los autores

Catorce (25.0%) de las 56 especies y subespecies de moluscos de la entidad son exóticos, tal como es el caso de *H. aspersa*, introducido de Europa; el caracol manzana (*Planorbella duryi*) proveniente de Florida, Estados Unidos, muy utilizado en acuarios (figura 4), y *Paralaoma servilis*, originario de Nueva Zelanda (figura 5; apéndice 22).

Llama la atención de que casi todas las babosas registradas en la entidad, excepto *Pallifera costaricencis alticola*, son exóticas. Thomas y colaboradores (2010) discuten que las babosas exóticas prefieren hábitats perturbados (jardines, parques urbanos y cultivos), mientras que las especies nativas se encuentran en bosques alejados muy bien conservados.

Ninguna especie de molusco está registrada en la NOM 059 (SEMARNAT 2010) ni en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2011). No obstante, de las especies y subespecies registradas en la ciudad cinco son endémicas de esta entidad (*Bunnya bernadinae*, *Pallifera costaricensis alticola*, *Planorbella tenue boucardi*, *Oxyloma tlalpamensis tlalpamensis* y *Tryonia mariae*) y 17 son endémicas del país (apéndice 22).

Los moluscos no se han colectado ni estudiado con eficiencia, dado que más de 90% de las especies de gasterópodos terrestres son pequeños (de menos de 7 mm de longitud) y viven escondidos en el mantillo (la capa superior del suelo cubierta por hojas, ramas y otros tejidos muertos de origen vegetal y animal) o en troncos de árboles cubiertos por musgos en bosques conservados (Naranjo-García y Fahy 2010).

Distribución

Los caracoles y las babosas pueden vivir en las áreas verdes urbanas, ecosistemas terrestres conservados, campos de cultivo y humedales (apéndice 22), por lo que se pueden encontrar en todas las regiones de la entidad. Estos organismos se han registrado en 18 localidades de la entidad, siendo las más importantes por su riqueza, la REPSA con 24 especies, el Desierto de los Leones y Chapultepec, que registran 10 y siete especies, respectivamente (cuadro 2, apéndice 1). Por otro lado, la lapa *L. papillaris* se registró en Tlalpan y los bivalvos en los humedales de Xochimilco y en los hábitats acuáticos de Tlalpan (apéndice 22).

Figura 2. El caracol pardo de jardín (*Helix aspersa*) es una especie exótica que habita en parques y jardines de la Ciudad de México, y puede ser utilizado como alimento. Foto: Carlos Galindo Leal/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 3. La babosa *Lehmannia valentiana*, especie exótica plaga de jardines que está distribuida en todo el mundo, pero es originaria de la península Ibérica y del norte de África. Foto: Carmen Loyola.

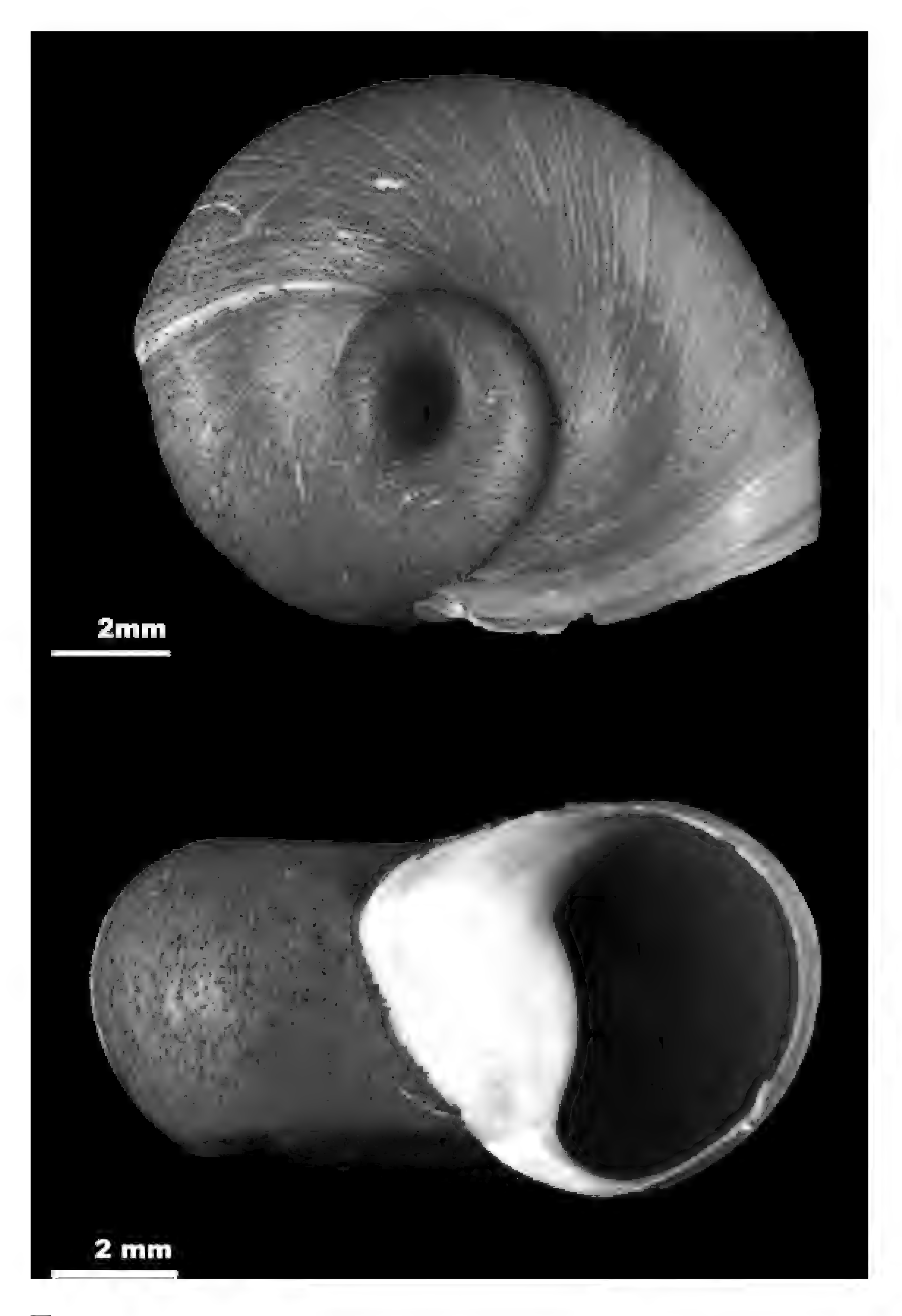


Figura 4. El caracol manzana (*Planorbella duryi*) una especie exótica dulceacuícola. Foto: Arzu Rivera-García.



Figura 5. Concha del caracol terrestre exótico *Paralaoma servilis*. Foto: Arzu Rivera-García.

Cuadro 2. Número de especies y subespecies de gasterópodos registradas en distintas localidades de la Ciudad de México, tal como aparecen en la literatura.

Localidad	Número de especies
REPSA[1]	24[2]
Desierto de los Leones	10
Chapultepec	7
Ciudad de México y alrededores	7
Santa Rosa	6
Tlalpan	6
Xochimilco	6
La Venta	5
Bosque de Tlalpan	5[3]
Cuajimalpa	5
Ajusco	2
Coyoacán	2
Iztapalapa	2
"Paso Cortez"[4]	1
San Ángel	1
San Bartolo	1
Tacubaya	1
Tláhuac	1

[1]Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria
[2]Rivera-García 2008, 2013, Vital-Arriaga 2009, incluye a cf. *Succinea* sp.
[3]Taracena-Morales 2010, incluye a *Euglandina* sp.
[4]Thompson 2008 registra a *Humboldtiana* (*Humboldtiana*) *striata* en esta localidad y, además, sostiene que es exclusiva de la Ciudad de México.
Fuente: recopilación de los autores, salvo que se indique lo contrario.

Hábitos e importancia

Las almejas se alimentan de organismos microscópicos y partículas orgánicas suspendidas en el agua y de sus huevos nacen larvas nadadoras de vida libre (Fernández 2007). Los bivalvos de los lagos de la cuenca de México, sobre todo *A. impura*, han servido de alimento a los pobladores de la cuenca; incluso, en la actualidad, siguen siendo comidos por los habitantes de los alrededores de Xochimilco (Rojas y Pérez 1985, Espinosa 1996).

En el caso de los gasterópodos, las especies acuáticas producen huevos de los que eclosiona una larva nadadora, en tanto que las especies terrestres producen huevos en los que la larva nadadora se desarrolla dentro de éstos, de modo que eclosionan pequeñas crías con la morfología típica del adulto; no obstante, algunas especies experimentan el desarrollo de los huevos en el interior de sus cuerpos, de modo que dan a luz a crías completamente desarrolladas (Meglitsch 1978).

Los gasterópodos terrestres se alimentan de las partes tiernas de las plantas, materia vegetal en putrefacción y hongos (Barnes 1990), aunque también existen especies carnívoras que se alimentan de otros gasterópodos, como el caracol *Euglandina daudebarti miradorensis*, que se alimenta del caracol *Oxychilus draparnaudi* en la REPSA (A. Rivera-García, obs. pers.). Las especies herbívoras tienen un impacto negativo en jardines, huertos, viveros,

invernaderos y áreas dedicadas a producción hortícola, ocasionando a veces pérdidas severas (Berg 1994). Una preocupación constante desde el punto de vista agrícola es la presencia de especies de caracoles y babosas exóticas dañinas, como la babosa de invernadero de origen europeo *Milax gagates*. En el ámbito médico, algunas especies son hospederos intermedios de parásitos que pueden afectar a los humanos, tal es el caso de los caracoles acuáticos del género *Lymaea*, que son potenciales transmisores del gusano *Schistosoma* (Berg 1994).

Por otro lado, algunas especies de gasterópodos y sus productos son benéficos. La baba de caracol, por ejemplo, se utiliza en dermatología como crema regeneradora (Mena-Espinoza 2007), mientras que en Oaxaca el caracol *Lymnaea stagnalis* es cultivado para extraer colorante (Barragán y Santillán 2011). Los gasterópodos también tienen importancia alimentaria por tener algunas especies comestibles muy apreciadas. En Francia se le denomina *escargot* al platillo preparado con caracoles del género *Helix* (Sonoda 2006).

Los moluscos terrestres y de agua dulce constituyen un eslabón importante de las redes tróficas. Los gasterópodos son alimento de escarabajos, ácaros, ciempiés, serpientes, tortugas, sapos, aves, zorras, musarañas, roedores y de otros gasterópodos, y son parasitados por gusanos; asimismo, son alimento de animales de granja, como gansos, patos y pollos (UC-IPM 2011, BP 2013). Las almejas de agua dulce, son comidas por mamíferos, como los mapaches, así como por peces, gansos y patos; y son parasitadas por gusanos planos (Kelly 2012).

Amenazas

Los moluscos de la Ciudad de México han sido afectados negativamente por la disminución de su hábitat, constituido por cuerpos de agua y zonas de vegetación de los ecosistemas naturales o manejados por los humanos. La urbanización acelerada de la superficie de la capital, por ejemplo, ha reducido las áreas cubiertas por parques jardines, baldíos y campos de cultivo y pastoreo de 42.4 a sólo 9.6% entre 1950 y 2005 (Ezcurra *et al*. 2006). Otros problemas son la contaminación y fragmentación de los hábitats en relictos cada vez más pequeños y aislados (Ezcurra *et al*. 2006, Sheinbaum 2008, Naranjo-García y Fahy 2010). De acuerdo con Naranjo-García y Fahy (2010), el factor más importante de pérdida de especies de gasterópodos nativos es la desaparición de bosques conservados, lo cual conduce a la extinción a muchas especies de pequeños moluscos, muchos de los cuales aún no se conocen. Asimismo, estos autores opinan que la introducción de especies exóticas es otro factor muy importante de la extinción, pues la presencia de éstas provoca una competencia muy intensa con las especies nativas. Por ejemplo, se sugiere que el caracol nativo *Drymaeus rudis*, abundante en Chapultepec en la década de 1920, no se registra en esta localidad desde la década de 1950, pues posiblemente fue desplazado por el caracol pardo de jardín (Solem 1955); sin embargo, esto no ha sido estudiado recientemente. Rivera-García (2013) encuentra que las especies exóticas de gasterópodos de la REPSA constituyen 39% de las especies y 28% de los ejemplares colectados por él, y sugiere que éstas están afectando la distribución espacial de las especies nativas. Los moluscos no marinos están sufriendo una declinación a nivel mundial, pues también son afectados por la introducción de plantas y depredadores exóticos, y los de agua dulce en particular, por la extracción no sustentable y la contaminación del agua (Lydeard *et al*. 2004). Es muy probable que con la desecación de los lagos de la cuenca un número no conocido de moluscos de agua dulce se haya extinguido sin haberlos conocido.

Thompson (2008) documenta que *Succinea campestris* no ha sido registrada en el país desde 1891 y no se saben las causas de su posible extinción. A nivel mundial, se sabe que los

moluscos tienen el dudoso honor de poseer el número más alto de extinciones documentadas respecto a otros grupos taxonómicos (42% de las 693 extinciones registradas desde el año 1500; 99% de los cuales se refiere a moluscos continentales) (Lydeard *et al.* 2004). Por todo lo anterior, es urgente y necesario establecer medidas de conservación para protegerlos.

Conclusión y recomendaciones

Los gobiernos de la entidad no han establecido programas de conservación dirigidos a los moluscos no marinos, a pesar de que se han hecho esfuerzos en este sentido en Australia, Sudáfrica y en las islas del Pacífico (Lydeard *et al.* 2004). No obstante, una estrategia adecuada de los gobiernos locales ha sido la política de proteger las áreas verdes, como los bosques de Chapultepec y Aragón, e instaurar nuevas áreas de protección ecológica, como la Zona de Protección Hidrológica y Ecológica Los Encinos (creada en 2009) o el Área Comunitaria de Conservación Ecológica Milpa Alta (creada en 2010) (SMA 2013), los cuales constituyen refugios para la rica biodiversidad capitalina. No obstante, es imperativo continuar con los esfuerzos encaminados a incrementar las áreas de protección ecológica, pues actualmente el área destinada a este fin aún es insuficiente para conservar de forma sostenible los servicios ambientales que los ecosistemas naturales y sus seres vivos prestan.

Otras políticas adecuadas para la protección de la diversidad de estos invertebrados son la aplicación de instrumentos de protección de áreas verdes urbanas y rurales, así como la reforestación con plantas nativas del valle de México, tal como lo establece la Agenda Ambiental de la Ciudad de México (Sheinbaum 2008).

Resulta prioritario incrementar el conocimiento de la riqueza de moluscos de la ciudad mediante colectas de campo en áreas donde no existen registros, como en los humedales de Tláhuac, los ríos de Contreras y Tlalpan, las zonas boscosas y rurales de Milpa Alta, así como en las sierras de Guadalupe y Santa Catarina. Asimismo, es de particular importancia documentar el efecto de los organismos exóticos sobre los moluscos nativos. Por último, sería deseable la publicación de un catálogo ilustrado de especies nativas y exóticas para el reconocimiento de las zonas donde se distribuyen estas especies en las áreas urbanas y rurales de la entidad. Lydeard y colaboradores (2004) opinan que es de alta prioridad concientizar a la población sobre la importancia que los moluscos tienen como un componente de los ecosistemas, a través de programas de educación que se lleven a cabo desde el nivel preescolar.

Agradecimientos

Agradecemos a Iván Castellanos-Vargas su apoyo técnico, las revisiones al manuscrito y la búsqueda de información; a Raúl González, el trabajo de investigación bibliográfica sobre hábitos de los gasterópodos, y a la Dra. Edna Naranjo-García y a Alberto Contreras-Arquieta, por facilitarnos información. A Laura Cárdenas le agradecemos que nos haya facilitado la fotografía del banco de imágenes de CONABIO. También agradecemos al Laboratorio de Fotografía y Microfotografía de la Biodiversidad, a Carmen Loyola y a Susana Guzmán Gómez (Instituto de Biología, UNAM) por el apoyo técnico para la toma de fotos.

Referencias

Barnes, R.A. 1990. *Zoología de los invertebrados*. Interamericana, México.

Barragán, B.E. y K.Y. Santillán. 2011. Aprovechamiento sustentable de los recursos naturales en México para la obtención de colorantes. *Revista Sistemas Ambientales* 4:1-9.

Berg, G.H. 1994. *Caracoles y babosas de importancia cuarentenaria, agrícola y médica para América Latina y el Caribe*. Organismo Internacional Regional de Sanidad Agropecuaria (OIRSA), San Salvador.

Bogan, A.E. 2008. Global diversity of freshwater mussels (Mollusca, Bivalvia) in freshwater. *Hydrobiologia* 595:139-147.

BP. Bioexpedition Publishing. 2013. Snail-World.com. En: <*http://www.snail-world.com/*>, última consulta: 12 de septiembre de 2013.

Bunje, P. 2012. *The Gastropoda. Snails and slugs, limpets, and sea hares*. University of California Museum of Paleontology. En: <*http://www.ucmp.berkeley.edu/taxa/inverts/mollusca/gastropoda.php*>, última consulta: 4 de julio de 2012.

Chapman, A.D. 2009. *Numbers of living species in Australia and the world*. Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, Gobierno de Australia, Canberra.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2011. Apéndices I, II y III. En: <*http://www.cites.org/esp/app/appendices.php*>, última consulta: 28 de marzo de 2012.

CONABIO. 2008. *Capital natural de México*, vol. I. México.

Contreras-Arquieta, A. 2000. Bibliografía y lista taxonómica de las especies de moluscos dulceacuícolas en México. *Mexicoa* 2(1):40-53.

Curtis, H. y N. S. Barnes. 2006. *Biología*. Panamericana, México.

Espinosa, G. 1996. *El embrujo del lago. El sistema lacustre de la Cuenca de México en la cosmovisión mexica*. Instituto de Investigaciones Históricas, UNAM, México.

Ezcurra, E., M. Mazari, I. Pisanty y A.G. Aguilar. 2006. *La cuenca de México*. FCE, México.

Fernández, M.A. 2007. Phyllum Mollusca. Pp. 254-267. En: *Niveles de organización en animales*. M.A. Fernández y G. Rivas (eds.). Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Kelly, M. 2012. *Freshwater mussels, sentinals of the water*. En: <*http://www.dnr.state.mn.us/minnaqua/speciesprofile/freshwater_mussels.html*>, última consulta: 12 de septiembre de 2013.

López-Rojas, E. 2004. Catálogo ilustrado de la biota de Xochimilco y análisis de la biota registrada en los últimos cien años. (I) Microbiota e invertebrados. Reporte de servicio social. UAM-Xochimilco, México.

Lydeard, C., R.H. Cowie, W.F Ponder, *et al*. 2004. The global decline of nonmarine mollusks. *BioScience* 54(4):321-330.

Meglitsch, P.A. 1978. *Zoología de invertebrados*. Blume, Madrid.

Mena-Espinoza, M. A. 2007. *Plan de negocios para la comercialización del caracol* Helix aspersa *y su baba*. Tesis de maestría. Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile, Santiago de Chile.

Naranjo-García, E. y N.E. Fahy. 2010. The lesser families of Mexican terrestrial molluscs. *American Malacological Bulletin* 28:59-80.

Naranjo-García, E. y M. T. Olivera-Carrasco. 2007. Mollusca terrestres. Pp. 311-330. En: *Biodiversidad de la Faja Transmexicana*. I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinoza (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Pilsbry, H. A. 1903. Mexican land and fresh-water mollusks. *Proceedings of Academy of Natural Sciences of Philadelphia* 55:761-791.

Rivera-García, A. 2008. Moluscos terrestres de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Informe Jóvenes hacia la Investigación (manuscrito no publicado).

——. 2013. *Malacofauna terrestre del Pedregal de San Ángel, Núcleo Poniente*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Rojas, T. y J.G. Pérez. 1985. *La cosecha del agua en la Cuenca de México. La pesca en el medio lacustre y chinampero de San Luis Tlaxialtemalco*. Centro de Investigaciones y Estudios Superiores en Antropología Social/Museo Nacional de Culturas Populares, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

SMA. Secretaría del Medio Ambiente. 2013. Portal. En: <*http://www.sedema.df.gob.mx/*>, última consulta: 10 de septiembre de 2013.

Sheinbaum, C. 2008. *Problemática ambiental de la Ciudad de México. Diagnóstico y experiencias de gestión* 2001-2006. Limusa, México.

Solem, A. 1955. Mexican mollusks collected for Dr. Bryant Walker in 1926. XI. *Drymaeus*. Ocasional Paper of the Museum of Zoology, University of Michigan 566:1-20.

Sonoda, G. 2006. *Estudio técnico económico para la instalación de un criadero de caracoles comestibles terrestres.* Tesis de Licenciatura en Ingeniería Industrial, Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima, Perú.

Taracena-Morales, V. 2010. Diversidad de moluscos terrestres recolectados en el Bosque de Tlalpan, Ciudad de México. Informe Jóvenes hacia la Investigación (manuscrito no publicado).

Thomas, A.K., R.J. Mc Donnell, T.D. Paine y J.D. Harwood. 2010. *A field guide to the slugs of Kentucky*. University of Kentucky, Lexington, Kentucky.

Thompson, F.G. 2008. An annotated checklist and bibliography of the land and freshwater snails of Mexico and Central America. En: <*http://www.flmnh.ufl.edu/malacology/mexico-central_america_snail_checklist*>, última consulta: 19 de septiembre de 2013.

——.2011. An annotated checklist and bibliography of the land and freshwater snails of Mexico and Central America. *Bulletin of Florida Museum of Natural History* 50:1-299.

UC-IPM. University of California, Integrated Pest Management Program. 2011. Snails and slugs. En: <*http://www.ipm.ucdavis.edu/PMG/PESTNOTES/pn7427.html*>, última consulta: 12 de septiembre de 2013.

Vital-Arriaga, X. 2009. Diversidad de moluscos continentales en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. Informe Jóvenes hacia la Investigación (manuscrito no publicado).

Helmintos

Luis García Prieto
Berenit Mendoza Garfias
Ángeles Romero Mayén
Gerardo Pérez Ponce de León

Descripción

El término helminto (del griego *elmins*, gusano) incluye a un conjunto de organismos que comparten dos características básicas: el aspecto de gusano y la forma de vida parasitaria (Hugot *et al.* 2001). Estos organismos pueden pertenecer a diferentes grupos a partir de su morfología y origen, entre los cuales están los gusanos planos y redondos, las sanguijuelas y los gusanos de cabeza armada (Pérez-Ponce de León y García-Prieto 2001) (figuras 1 y 2). Entre las especies más conocidas de helmintos por su relación con la población humana se encuentran la solitaria (*Taenia solium*) y la lombriz intestinal (*Ascaris lumbricoides*).

Los helmintos exhiben una gran variedad de tamaños y características. Existien especies milimétricas con el cuerpo de una sola pieza (como el trematodo parásito de aves *Posthodiplostomum minimum*), y especies que miden varios metros y tienen el cuerpo dividido en segmentos (como el cestodo *Diplogonoporus balaenopterae*, que infecta ballenas). Sus ciclos biológicos son muy diversos, incluyendo organismos que ingresan a su hospedero directamente a través del alimento o penetrando la piel, hasta especies trasmitidas por el piquete de un insecto (Roberts y Janovy 2009). En etapa larvaria parasitan prácticamente cualquier órgano y tejido del cuerpo de los organismos, aunque como adultos la mayoría de las especies vive en el intestino. Su presencia generalmente ocasiona daños que van desde lesiones leves en la mucosa intestinal, desnutrición, ceguera e incluso la muerte del hospedero (Lamothe-Argumedo y García-Prieto 1988).

Diversidad y distribución

El número de especies de helmintos descritas a nivel mundial supera las 23 mil (Hugot *et al.* 2001), en México se distribuyen 1 900 especies que son parásitos de vertebrados silvestres, las cuales representan 8.2% del total conocido (Pérez-Ponce de León *et al.* 2011). Hasta ahora se han registrado 94 especies de helmintos en la Ciudad de México (41 gusanos planos, 50 gusanos redondos, una sanguijuela y dos gusanos de cabeza armada), pertenecientes a 22 órdenes, 49 familias y 67 géneros (apéndice 23). Los datos anteriores no incluyen a las especies de helmintos parasitas del ser humano ni de animales domésticos.

La riqueza helmintológica de la Ciudad de México se sitúa en una posición intermedia entre la de estados como Veracruz (con 377 especies) y Tlaxcala (con cinco). Se han reportado 63 especies de vertebrados silvestres como hospederos de estos parásitos: 23 mamíferos, 15 aves, 10 reptiles, nueve anfibios y seis peces; en ellos se han descrito 29 especies nuevas de helmintos (siete de gusanos planos y 22 gusanos redondos), número que representa 6% del total de especies nuevas mexicanas (630 especies) (Pérez-Ponce de León *et al.*

García-Prieto, L., B. Mendoza-Garfias, A. Romero-Mayén y G. Pérez-Ponce de León. 2016. Helmintos. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 219-223.

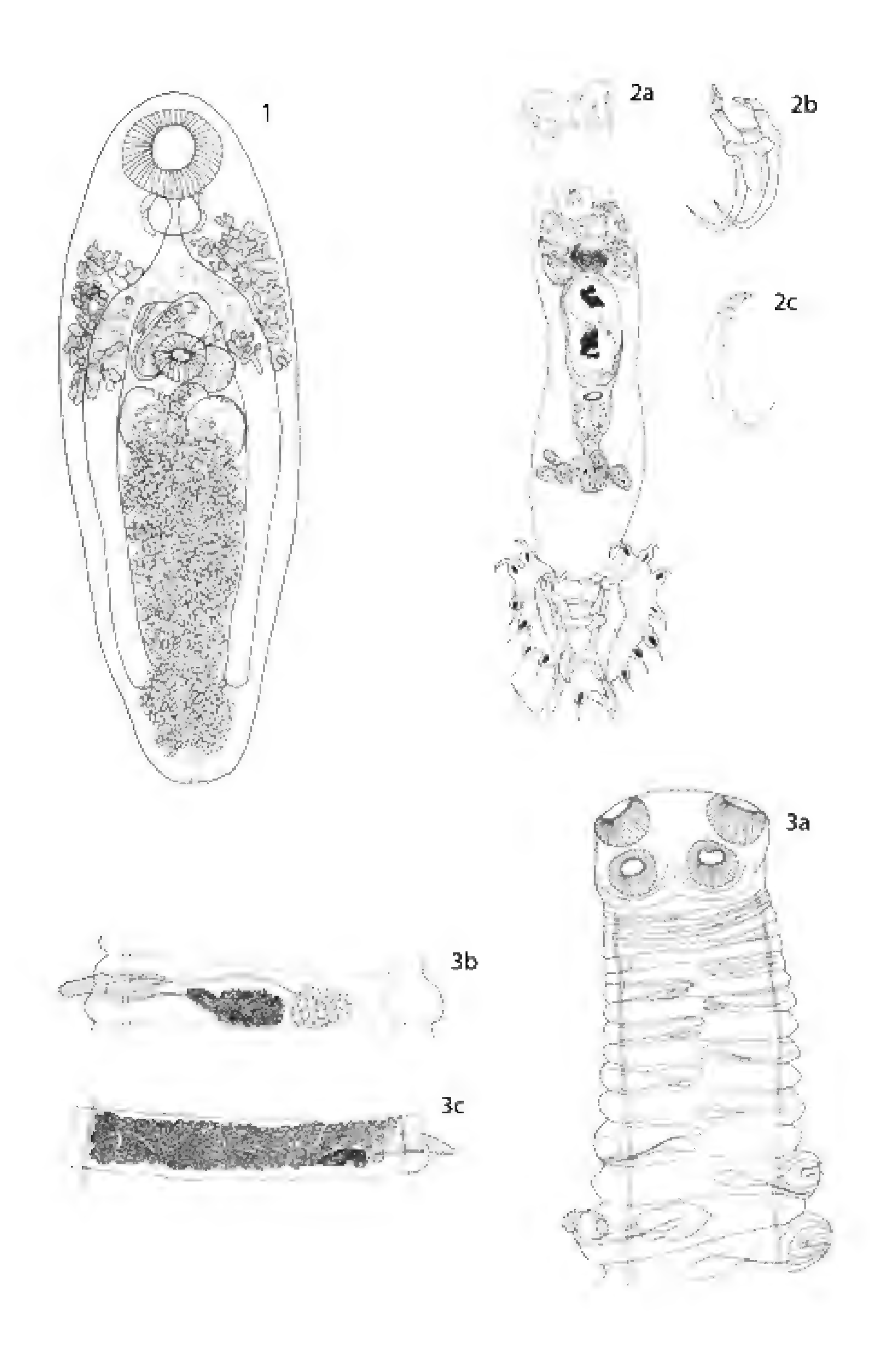


Figura 1. Esquemas de la anatomía de algunos helmintos. 1) Trematodo: *Glypthelmins californiensis* (vista ventral); 2*a*) Monogeneo: *Gyrodactylus lamothei* (vista ventral del adulto); 2*b*) *G. lamothei* vista ventral del complejo de ganchos y barras; 2*c*) Gancho; 3*a*) Cestodo: *Leporidotaenia romerolagi*, región anterior; 3*b*) Proglótido maduro; 3*c*) Proglótido grávido (redibujados por Berenit Mendoza-Garfias a partir de: Caballero y Sokoloff 1934, Mendoza-Palmero *et al.* 2009, Kamiya *et al.* 1979, respectivamente).

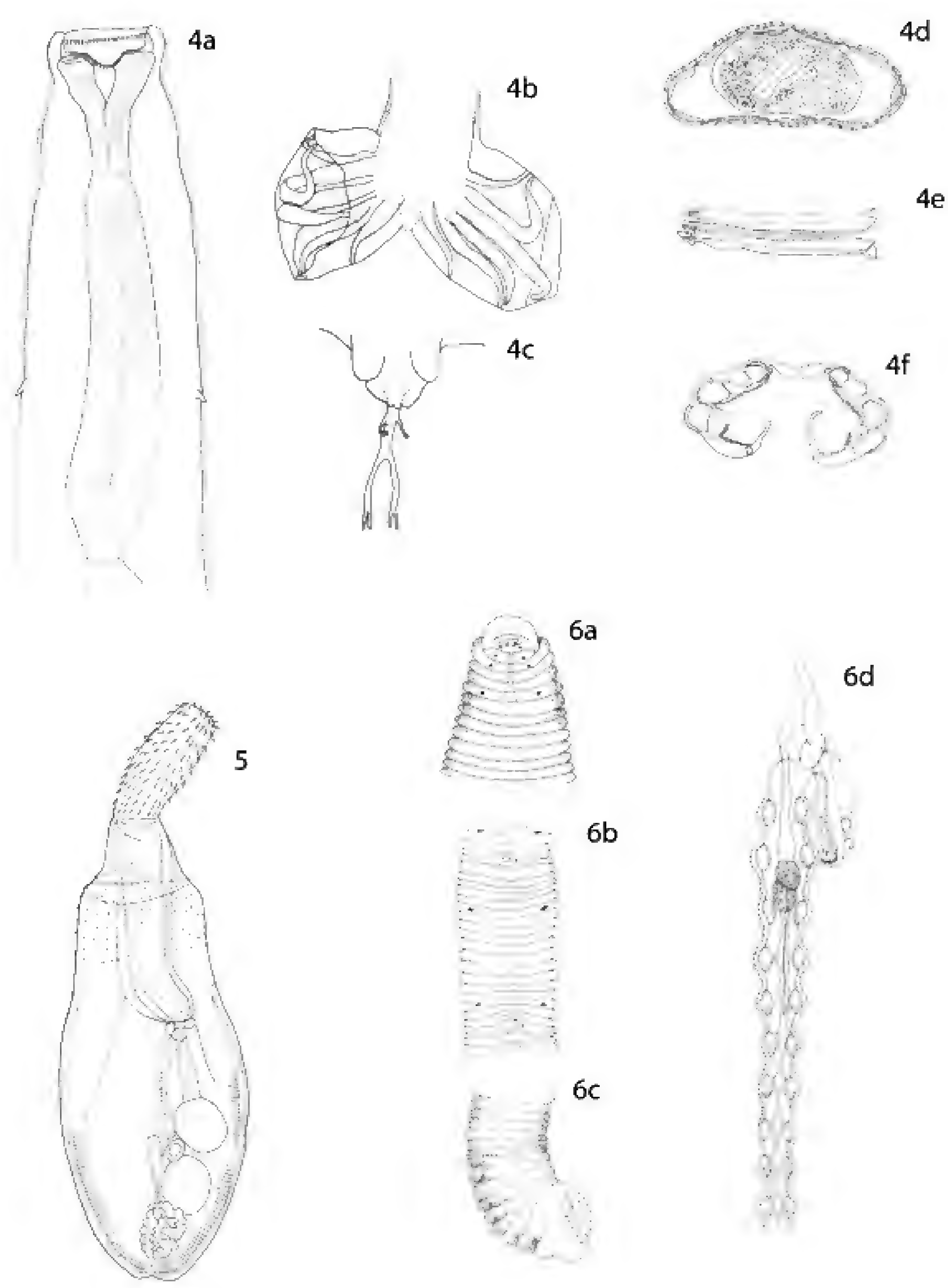


Figura 2. Esquemas de la anatomía de algunos helmintos. 4*a*) Nematodo: *Teporingonema cerropeladoensis*, región anterior; 4*b*) Bursa del macho con los rayos abriendo lateralmente; 4*c*) Rayo dorsal; 4*d*) Corte de la región posterior del macho; 4e) Corte del lóbulo dorsal de la bursa del macho; 4f) Espículas; 5) Acantocéfalo: *Polymorphus brevis* (vista ventral del macho); 6*a*) Hirudíneo: *Diestecostoma mexicanum*, vista dorsal de la región anterior; 6*b*) Vista ventral de la región de los poros sexuales (masculino y femenino); 6*c*) Vista lateral de la región posterior; 6*d*) Disección de los órganos sexuales masculino y femenino (redibujados por Berenit Mendoza-Garfias a partir de: Harris 1985; Ramos-Ramos 1994; Caballero 1940, respectivamente).

2011). Los hospederos con el mayor registro helmintológico son la rana *Lithobates montezumae*, especie endémica del centro de México, que es parasitada por 18 especies, y el conejo de los volcanes *Romerolagus diazi*, distribuido exclusivamente en la región montañosa del Ajusco, con 11 especies; este mamífero es parasitado por cinco de los 17 helmintos endémicos de la zona.

El número total de localidades muestreadas en la ciudad es de 20; sin embargo, la mayoría de las especies de helmintos provienen de dos sitios: bosque de Chapultepec (18 especies) y lago de Xochimilco (30 especies); de éstas, cuatro son endémicas de la primera localidad (*Allintoshius tadaridae*, *Euparyphium ochoterenai*, *Ochoterenatrema labda* y *Macdonaldius grassii*) y cinco de la segunda (*Capillaria xochimilcensis*, *Falcaustra caballeroi*, *Falcaustra intermedia*, *Foleyellides striatus* y *Haematoloechus elongatus*). Destaca también cerro Pelado, Tlalpan, en donde se han descrito 11 especies.

Importancia

En la naturaleza, los parásitos en general y los helmintos en particular tienen un importante papel como reguladores del tamaño de las poblaciones de sus hospederos (Moore 1987). Sin embargo, en ambientes perturbados como el de la Ciudad de México, sus ciclos biológicos pueden verse interrumpidos por la desaparición de sus hospederos (ocasionada por la reducción o destrucción de su hábitat) o por la contaminación que elimina sus fases de vida libre. En estas condiciones, los hábitos y costumbres humanas (como el fecalismo al aire libre), el hacinamiento y, en general, la insalubridad de gran parte de la ciudad, actúan como promotores de estas infecciones entre la población (Salgado y Ruiz 1993). Las helmintiasis con mayor prevalencia en este tipo de ambientes generalmente son las que se transmiten directamente por la ingestión de huevos del parásito (como la oxiurasis producida por el gusano redondo *Enterobius vermicularis*), o bien aquellas que involucran hospederos con una relación estrecha con las poblaciones humanas. Por ejemplo, la falta de higiene en la crianza de animales como los cerdos y su sacrificio en rastros clandestinos sin control sanitario determinan que infecciones como la teniasis y la cisticercosis (ocasionadas por la solitaria *Taenia solium*) se mantengan a lo largo del tiempo en la Ciudad de México con una prevalencia relativamente elevada (Fleury *et al.* 2010). De la misma forma, el contacto humano con heces de animales, como roedores y perros, expone a la población a ingerir huevos de solitarias, como *Rodentolepis nana*, causante de la himenolepiasis intestinal (Martínez-Barbosa *et al.* 2010) y *Echinococcus granulosus* (Eguía-Aguilar *et al.* 2005), cuya larva (hidátide) se aloja en el hígado y causa daños mecánicos y tóxicos que pueden derivar en la muerte del hospedero (Lamothe-Argumedo y García-Prieto 1988). El nivel de infección de estas helmintiasis en la Ciudad de México no está claramente registrado; sin embargo, se ha establecido que el porcentaje de morbilidad que se alcanza a nivel nacional es superior a 66% para *E. vermicularis* en niños en edad escolar y a 8% para *T. solium* y *R. nana* (Jiménez-Cisneros 2001).

A pesar de todas las alteraciones ambientales existentes y de la importancia que los parásitos tienen como componentes de la biodiversidad, el inventario de la fauna helmintológica que afecta a los vertebrados silvestres que se distribuyen en la Ciudad de México aún es incompleto, como lo revelan estudios realizados recientemente en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, donde se señalaron por primera vez siete especies de helmintos no conocidas previamente para el D.F., e incluso una de ellas (*Taenia pencei*), fue registrada por primera vez en el país (Mendoza-Palmero *et al.* 2008, Pacheco-Coronel 2010).

Conclusión y recomendaciones

La realización de un inventario completo de la fauna helmintológica asociada a los vertebra-

dos que habitan la ciudad es de trascendental importancia, pues probablemente representa la última oportunidad de conocer la diversidad de este grupo de parásitos en una zona en la que el hábitat natural es cada vez más reducido. Asimismo, disponer de esta información permitiría establecer el riesgo potencial de algunas especies de helmintos para la salud humana o para la de animales domésticos, en virtud de que los ciclos de vida de algunos helmintos pueden incorporar a éstos como hospederos alternativos bajo las condiciones de perturbación ambiental que se presentan en la Ciudad de México.

Referencias

Caballero, C.E. 1940. Nuevos géneros y especies de hirudíneos pertenecientes a la subfamilia Haemadipsinae. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM 11:573-583.

Caballero, C.E. y D. Sokoloff. 1934. Tercera contribución al conocimiento de la parasitología de *Rana montezumae*. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM 5:337-340.

Eguía-Aguilar, P., A. Cruz-Reyes y J.J. Martínez-Maya. 2005. Ecological analysis and description of the intestinal helminths present in dogs in Mexico City. *Veterinary Parasitology* 127:139-46.

Fleury, A., J. Moreno-García, P. Valdez-Aguerrebere, M. de Sayve-Durán, P. Becerril-Rodríguez, C. Sarralde y E. Sciutto. 2010. Neurocysticercosis, a Persisting Health Problem in Mexico. *Neglected Tropical Diseases* 4:1-3.

Harris, E.A.1985. Some helminths of the volcano rabbit *Romerolagus diazi*, including a description of the nematode *Teporingonema cerropeladoensis* gen. nov., sp. nov. (Trichostrongylidae: Libyostrongylinae). *Journal of Natural History* 19:1239-1248.

Hugot, J.P., P. Baujard y S. Morand. 2001. Biodiversity in helminths and nematodes as a field of syudy: an overview. *Nematology* 3:199-208.

Jiménez-Cisneros, B. E. 2001. *La contaminación ambiental en México. Causas, efectos y tecnología apropiada*. Limusa, México.

Kamiya, M., H. Suzuki y B. Villa. 1979. A new Anoplocephalinae cestode, *Anoplocephaloides romerolagi* sp. n. parasitic in the volcano rabbit, Romerolagus diazi. *Japanese Journal of Veterinary Research* 27:67-71.

Lamothe-Argumedo, R. y L. García-Prieto. 1988. Helmintiasis del hombre en México. Tratamiento y Profilaxis. AGT Editores, México.

Martínez-Barbosa, I., E.M. Gutiérrez-Cárdenas, E. Gaona y M. Shea. 2010. The prevalence of *Hymenolepis nana* in school children in a bicultural community. *Revista de Biomedicina* 21:21-27.

Mendoza-Palmero, C., H. Espinosa-Pérez y G. Salgado-Maldonado. 2008. Helmintos parásitos de peces dulceacuícolas. Pp. 179-191. En: *Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico*. A. Lot, (ed.). UNAM, México.

Mendoza-Palmero, C., A. Sereno-Uribe y G. Salgado-Maldonado. 2009. Two new species of *Gyrodactylus* Von Nordman, 1832 (Monogenea: Gyrodactylidae) parasitizing *Girardinichthys multiradiatus* (Cyprinodontiformes: Goodeidae), an endemic freshwater fish from Central Mexico. *Journal of Parasitology* 95:315-318.

Moore, J. 1987. Some roles of parasitic helminths in trophic interactions. A view from North America. *Revista Chilena de Historia Natural* 60:159-179.

Pacheco-Coronel, N. 2010. *Estudio piloto de la frecuencia de parásitos en mamíferos ferales y silvestres en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de la* UNAM. Tesis de Maestría, Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México.

Pérez-Ponce de León, G. y L. García-Prieto. 2001. Diversidad de helmintos parásitos de vertebrados silvestres de México. *Biodiversitas* 37:7-11.

Pérez-Ponce de León, G., García-Prieto, L. y Mendoza-Garfias, B. 2011. Describing Parasite Biodiversity: The Case of the Helminth Fauna of Wildlife Vertebrates in Mexico. Pp. 33-54. En: *Changing Diversity in Changing Environment*. O. Grillo y G. Venora (Ed.). InTech, Croacia.

Ramos-Ramos, P. 1994. *Composición de la comunidad de helmintos del tubo digestivo de tres especies de "garzas" (Ciconiformes: Ardeidae) del Lago de Pátzcuaro, Michoacán, México*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias, UNAM, Mexico.

Roberts, L. S. y J. Janovy. 2009. Gerald D. Schmidt & Larry S. Roberts' Foundations of Parasitology. McGraw-Hill, Nueva York.

Salgado, M.R. y A. Ruiz. 1993. Gusanos parásitos del hombre. *Ciencias* 30:61-66.

Lombrices de tierra (Oligochaeta)

Zenón Cano Santana
Ariana Romero Mata
Daniela Fernández y Fernández

"En estos momentos mi alma entera se encuentra completamente dedicada a las lombrices"
Charles Darwin (noviembre de 1880)

Introducción

Los anélidos (Phylum Annelida) son animales que poseen un cuerpo con segmentos que les dan apariencia de anillos. Incluye a los gusanos poliquetos (clase Polychaeta), todos marinos; los gusanos oligoquetos (clase Clitellata, subclase Oligochaeta), que incluye a las lombrices de tierra, a especies de agua dulce y marinas; así como a las sanguijuelas (clase Clitellata, subclase Hirudinoidea), gusanos chupadores de sangre parásitos, depredadores o carroñeros de hábitos dulceacuícolas o marinos, aunque algunos son semiterrestres (Fernández y Rivas 2012). A nivel mundial se registran 16 763 especies de anélidos (Chapman 2009), de las cuales 7 684 son de gusanos oligoquetos (Blakemore 2008) y de estas últimas 4 mil son terrestres (Fragoso 2001). Lapied y Lavelle (2003) sostienen que en el mundo podrían existir 12 mil especies de anélidos oligoquetos terrestres (lombrices de tierra). En este capítulo se revisa la diversidad de lombrices de tierra en la Ciudad de México.

Descripción

Las lombrices de tierra son gusanos cilíndricos de más de 2 cm de longitud, generalmente de 12 a 30 cm (aunque pueden llegar a medir 3 m), que carecen de apéndices (Barnes 1990, Fragoso 2001, Hickman *et al*. 2002). Viven en el mantillo (capa superior del suelo compuesta por materia muerta) y en suelos ricos en materia orgánica en una gran variedad de ecosistemas terrestres que mantienen altos niveles de humedad, incluyendo cuevas y plantas epífitas de la familia Bromeliaceae, por lo que son escasas en ambientes desérticos (Barnes 1990, Fragoso 2001). Las lombrices de tierra excavan en suelos húmedos y salen por la noche para explorar sus alrededores. En época de lluvias se encuentran cerca de la superficie y en secas se hunden profundamente bajo la tierra, enrollándose en una cámara de mucosa que les permite quedar en estado de latencia (Hickman *et al*. 2002). Depositan los huevos en el suelo dentro de un capullo ovoide y amarillento de donde eclosionan las crías completamente desarrolladas (Barnes 1990).

Diversidad

En la Ciudad de México se tienen 27 especies de lombrices de tierra, esto es, 20% de las 135 que se registran en el país (Fragoso 2007, apéndice 24). Asimismo, en la entidad se registran tres familias, donde la Lumbricidae es la más rica, con 18 especies. Por su riqueza en especies, la capital del país se encuentra en tercer lugar, sólo por debajo de Veracruz y Chiapas, que presentan 64 y 34 especies, respectivamente (Fragoso 2001). La mayoría de las lombrices de tierra de la entidad

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata y D. Fernández y Fernández. 2016. Lombrices de tierra (Oligochaeta). 2016. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.224-228.

son exóticas (21 especies), entre las que se encuentran la lombriz común (*Lumbricus terrestris*; figura 1) y la lombriz roja de California (*Eisenia fetida*), la primera muy común a nivel mundial y utilizada para fines educativos (ISC 2015), y la segunda ampliamente comercializada en la entidad (Agroterra 2012). La Ciudad de México se destaca porque es la entidad federativa que presenta el mayor número de especies exóticas en el país (Fragoso 2001). Ninguna especie de lombriz de tierra está registrada en la NOM-059 (SEMARNAT 2010) ni en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2011).

En México, las lombrices de tierra se encuentran sobre todo en bosques templados y tropicales, aunque también se distribuyen en una gran variedad de ambientes agrícolas y cuevas, pero registran pocas especies en los estados del norte y noroeste del país (Fragoso 2001), debido a que en ellos dominan los climas secos.

Distribución

No se cuenta con información detallada sobre la distribución de las lombrices de tierra en la Ciudad de México, pero se les ha colectado en bosques de encino (*Quercus* spp.), pino (*Pinus* spp.) y oyamel (*Abies* spp.), bosques de pino-encino y bosques inducidos o artificiales, y en menor medida se han colectado en pastizales, ambientes riparios, jardines, cultivos, orillas de canales, viveros y campos de composta (Fragoso 2001). Es probable que estén presentes en todas las regiones de esta entidad donde hay áreas con vegetación, excepto en el matorral de palo loco (*Pittocaulon praecox*) del Pedregal de San Ángel (Z. Cano-Santana obs. pers.) debido a la poca profundidad de su suelo.

Importancia

Las lombrices de tierra son indicadoras de condiciones ambientales y mejoran las pro-



Figura 1. Lombriz de tierra común *Lumbricus terrestris*, una especie exótica. Foto: Víctor Hugo Luja/Banco de imágenes CONABIO.

piedades del suelo incrementando la disponibilidad de recursos para otros organismos (Kooch y Jalivard 2008, Blanchart *et al.* 2010). Los rasgos que las hacen funcionar como indicadoras son: su sensibilidad a responder a las condiciones del suelo y de las plantas, su limitada velocidad de desplazamiento y lenta recolonización, y la facilidad con que son muestreadas y clasificadas (Paoletti 1999). Estos animales se utilizan para evaluar suelos contaminados, valorar la calidad del suelo de agroecosistemas y conocer los cambios biológicos, bioquímicos y físicos del suelo (Lima y Brussaard 2010). Las lombrices de tierra participan en los procesos de descomposición de materia orgánica para obtener un abono mediante un proceso libre de malos olores (Kooch y Jalilvard 2008, Blanchart *et al.* 2010). Charles Darwin reconoció ampliamente los beneficios que estos animales ofrecen para la agricultura y la horticultura en una época en que se pensaba que las lombrices de tierra eran una plaga para las plantas (Fragoso 2011*b*).

Otro beneficio que ofrecen estos animales es la lombricultura (figura 2), que consiste en el cultivo de las lombrices para consumo humano o animal, procesándolo en vivo o como harina (Otto Parrodi 1999, Fernández 2009, Martínez 2009), o bien, para degradar la materia orgánica de desecho (ya sea vegetal o excremento animal) con el fin de reducir el volumen de estos materiales o para producir abono para su uso en la agricultura orgánica o en la jardinería (Rodríguez 2004, LCA 2010, TA 2012*a*, *b*). En Tláhuac y en la zona urbana se venden lombrices rojas de California para su uso en lombricultura (Agroterra 2012), incluso se llegan a ofrecer variedades aclimatadas a la Ciudad de México (Cano-Santana, obs. pers.). En el Parque Ecológico de Xochimilco se usan como alimento del ajolote mexicano (Otto Parrodi 1999) y en Milpa Alta se hace lombricultura para llevar a cabo el cultivo orgánico del nopal (El Independiente 2004). En la zona urbana se realiza esta actividad para reducir los volúmenes de los desechos orgánicos de restaurantes (LCA 2010) y en Cuajimalpa para reducir los desechos del cultivo de setas (Rodríguez 2004).

Amenazas

Tal como ocurre con los demás invertebrados que habitan en la entidad, las lombrices de tierra son afectadas por la acelerada disminución de la superficie con vegetación y suelo (parques, jardines, baldíos, zonas forestadas y zonas agrícolas) debida a la urbanización (Ezcurra *et al.* 2006, Sheinbaum 2008). Particularmente, es preocupante la altísima incidencia de especies exóticas en este grupo de animales invertebrados. Fragoso (2011*a*) señala que las especies exóticas de lombrices de tierra de la familia Lumbricidae tienen alta frecuencia en los bosques de pino-encino de más de 1 000 m de altitud en Veracruz, lo cual sugiere el potencial que tienen los bosques de la Ciudad de México para albergar este tipo de lombrices. La presencia de este tipo de especies puede provocar una competencia con las especies nativas, lo cual puede llevar a estas últimas a la extinción, tal como se ha documentado en moluscos (Naranjo-García y Fahy 2010).

Conservación

Algunas acciones de conservación necesarias son: *a*) mantener y conservar las áreas verdes de zonas urbanas, *b*) instaurar más áreas naturales protegidas y parques nacionales en la entidad con la mayor extensión posible, y *c*) fomentar el estudio de los efectos que tienen las poblaciones de lombrices de tierra exóticas sobre las especies nativas. Esto aportará información que permita plantear acciones para reducir su potencial efecto negativo sobre las lombrices locales. Un ejemplo de política adecuada para la protección de la biota es la aplicación de instrumentos de protección de las áreas verdes y la reforestación con plantas nativas del valle de México (Sheinbaum 2008).



Figura 2. Lombrices de tierra utilizadas para actividades de lombricultura en la colonia Portales. Foto: Marcela Pérez-Escobedo.

Agradecimientos

Agradecemos a Raúl González-Salas el apoyo en la búsqueda de información y a Laura Cárdenas por facilitarnos la figura del Banco de imágenes CONABIO. A Iván Castellanos-Vargas agradecemos su apoyo técnico y la revisión del manuscrito, y al Dr. Carlos Fragoso, la depuración de nuestra base de datos. Marco Romero-Romero también dio apoyo técnico útil para terminar el trabajo escrito.

Referencias

Agroterra. 2012. Venta de lombriz roja. En: <*http://www.agroterra.com/p/venta-de-lombriz-roja-en-tlahuac-mexico-d-f-14477/14477#description*>, última consulta: 16 de julio de 2012.

Barnes, R.A. 1990. *Zoología de los invertebrados*. Interamericana, México.

Blanchart, E., A. Brauman, M. Brossard, *et al.* 2010. *Historical approach of the role of eathworms and termites in soil fuctioning*. 19th. World Congress of Soil Science, 1-6 de agosto. Brisbane, Australia.

Blakemore, R.J. 2008. *Cosmopolitan earthworms an eco-taxonomic guide to the species*. 3a. edición. VermEcology, Yokohama.

Chapman, A.D. 2009. *Numbers of living species in Australia and the world*. Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, Gobierno de Australia, Canberra.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2011. Apéndices I, II y III. En: <*http://www.cites.org/esp/app/appendices.php*>, última consulta: 28 de marzo de 2012.

El Independiente. 2004. Milpa Alta busca exportar el nopal. En: <*http://mx.dir.groups.yahoo.com/group/foropan/message/3583*>, última consulta: 13 de julio de 2012.

Ezcurra, E., M. Mazari, I. Pisanty y A.G. Aguilar. 2006. *La cuenca de México*. Fondo de Cultura Económica, México.

Fernández, E. 2009. Fabrican la comida del futuro. En: <*http://www.eluniversal.com.mx/ciudad/93721.html*>, última consulta: 12 de julio de 2012.

Fernández, M.A. y G. Rivas. 2012. *Niveles de organización en animales*. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Fragoso, C. 2001. Las lombrices de tierra de México (Annelida, Oligochaeta): Diversidad, ecología y manejo. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.), número especial 1:131-171.

——. 2007. Diversidad y patrones biogeográficos de las lombrices de tierra de México (Oligochaeta, Annelida). Pp. 345-353. En: *Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecología*. G.G. Brown y C. Fragoso (eds.). Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária Soja, Londrina.

——. 2011*a*. Lombrices de tierra (Annelida: Oligochaeta). Pp. 259-268. En: *La biodiversidad en Veracruz: estudio de estado*, vol. II. CONABIO/Gobierno del Estado de Veracruz/Universidad Veracruzana/INECOL, México.

——. 2011*b*. Introducción: las lombrices de Darwin. Pp. 11-36. En: L*a formación del mantillo vegetal por la acción de las lombrices con observaciones sobre sus hábitos*. C. Darwin (1809-1882, autor). Academia Mexicana de Ciencias/UNAM, México.

Hickman, C.P., L.S. Roberts y A. Parson. 2002. *Principios integrales de zoología*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.

ISC. Invasive Species Compendium. 2015. *Lumbricus terrestris*. En: <*http://www.cabi.org/isc/datasheet/109385*>, última consulta: 25 de febrero de 2015.

Kooch, Y. y H. Jalilvard. 2008. Eathworms as ecosystem engineers and the most important detritivoros in forest soil. *Pakistan Journal of Biological Science* 11(6): 819-825.

Lapied, E. y P. Lavelle. 2003. Endangered earthworms of Amazonia: an homage to Gilberto Righi. *Pedobiologia* 47(5/6):419-427.

LCA. Lombricomposta en Acción. 2010. Composta en restaurantes. En: <*http://lombricompostaenaccion.blogspot.mx/2010/08/composta-en-restaurantes.html*>, última consulta: 13 de julio de 2012.

Lima, A.C.R. y L. Brussaard. 2010. Earthworms as soil quality indicators: local and scientific knowledge in rice management systems. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) Número Especial 2:109-116.

Martínez, A. 2009. Beneficios de la lombriz de tierra. En: <*http://eleconomista.com.mx/notas-impreso/columnas/agro-negocios/2009/03/25/beneficios-lombriz-tierra*>, última consulta: 13 de julio de 2012.

Naranjo-García, E. y N.E. Fahy. 2010. The lesser families of Mexican terrestrial molluscs. *American Malacological Bulletin* 28:59-80.

Otto Parrodi, E.S. 1999. Conservación del ajolote (*Ambystoma mexicanum*) mediante su cultivo y siembra en el Parque Ecológico de Xochimilco. Patronato del Parque Ecológico de Xochimilco, A.C. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. J087. México.

Paoletti, M. G. 1999. The role of earthworms for assessment of sustainability and as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74:137-155.

Rodríguez, J. 2004. Aplicando la lombricultura para la elaboración de composta comercial —ya lista para su incorporación directa al suelo— a partir del sustrato de desperdicio del cultivo de setas *Pleurotus*. Tips/Una publicación en apoyo de los productores de setas. En: <*http://setas-cultivadas.com/2004articuloseptiembre.html*>, última consulta: 12 de julio de 2012.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sheinbaum, C. 2008. *Problemática ambiental de la Ciudad de México. Diagnóstico y experiencias de gestión* 2001-2006. Limusa, México.

TA. Teorema Ambiental. 2012*a*. La lombricultura, poderoso aliado de la explotación agrícola. *Revista Técnico Ambiental*. En: <*http://www.teorema.com.mx/tendencias/la-lombricultura-poderoso-aliado-de-la-explotacion-agricola*>, última consulta: 12 de julio de 2012.

——. 2012*b*. Lombricultura, negocio bajo tierra. En: <*http://www.teorema.com.mx/tendencias/lombricultura-negocio-bajo-tierra*>, última consulta: 12 de julio de 2012.

Arácnidos (Arachnida)

César Gabriel Durán Barrón
Griselda Montiel Parra
Alejandro Valdez Mondragón
Gabriel Villegas Guzmán
Ricardo Paredes León
Tila María Pérez Ortiz

Descripción y diversidad

Los arácnidos (subphylum Chelicerata) son artrópodos que presentan como apéndices bucales un par de quelíceros y su cuerpo está dividido en dos secciones básicas: el prosoma y el opistosoma. La clase Arachnida está dividida en 11 órdenes (Beccaloni 2009) y a nivel mundial existen aproximadamente 758 familias, 11 546 géneros (Zhang 2013) y alrededor de 114 275 especies (cuadro 1), siendo el orden más diverso el de los Acari, con 55 214 especies descritas (Zhang 2013) y estimaciones que van de medio hasta un millón de especies (Krantz 2009); seguido por las arañas (Araneae) con 45 942 especies y cuya diversidad se estima entre 76 mil y 170 mil especies (World Spider Catalog 2016).

En orden decreciente le siguen los opiliones o arañas patonas (Opiliones) con 6 571 especies (Zhang 2013); pseudoescorpiones o falsos escorpiones (Pseudoscorpiones) con 3 574 especies (Zhang 2013); escorpiones o alacranes (Scorpiones) con 2 109 (Zhang 2013); solífugos o arañas de sol (Solifugae) con 1 116 (Prendini 2011*a*); esquizómidos (Schizomida) con 273 (Zhang 2013); amblipígidos o madres de alacrán (Amblypygi) con 172 (Zhang 2013); uropígidos o vinagrillos (Thelyphonida, antes conocido como Uropygi) con 119 (Zhang 2013); palpígrados (Palpigradi) con 88 (Prendini 2011*b*) y ricinúlidos (Ricinulei) con 77 especies (Zhang 2013, cuadro 1).

En México, los arácnidos representan uno de los grupos con mayor diversidad, además de ser uno de los países con representantes de los 11 órdenes. A la fecha se han documentado 5 832 especies (cuadro 1), 1 531 géneros y 396 familias (Francke 2014).

En la Ciudad de México se conocen 417 especies, 255 géneros y 135 familias de arácnidos, correspondientes a siete órdenes (apéndice 25). Los ácaros son el grupo mejor documentado, con 258 especies (cuadro 1, solamente se desconoce la presencia de cuatro órdenes (Amblypygi, Thelyphonida, Schizomida y Ricinulei), que corresponden a especies parásitas de vertebrados e invertebrados y los habitantes del suelo (Hoffmann y López-Campos 2000, Palacios-Vargas e Iglesias 2004, Guzmán-Cornejo *et al.* 2007, 2011, Montiel-Parra *et al.* 2009, Palacios-Vargas *et al.* 2009, Rueda-Salazar y Cano-Santana 2009; apéndice 25). El grupo de las arañas cuenta con 127 especies, de las cuales 64 (50.4%) corresponden a las especies que habitan en las viviendas humanas (Durán-Barrón 2004, Durán-Barrón *et al.* 2009).

Los arácnidos han colonizado la mayor parte de los hábitats terrestres y secundariamente invadido hábitats acuáticos (dulceacuícola y marino). La mayoría de arácnidos se encuentran en las selvas tropicales sin embargo, se pueden hallar en otros hábitats como: cuevas,

Durán-Barrón, C.G., G. Montiel-Parra, A. Valdez-Mondragón, G.A. Villegas-Guzmán, R. Paredes-León y T.M. Pérez. 2016 Arácnidos (Arachnida). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 229-238.

Cuadro 1. Número de especies de cada orden de la Clase Arachnida en el mundo, México y Ciudad de México.

Orden	Reconocidas en el mundo	Estimadas en el mundo	México	Ciudad de México
Acari	55 214	500 000-1 millón	2 625	258
Araneae	45 942	76 000-170 000	2 388	127
Opiliones	6 571	7 500-10 000	253	15
Pseudoscorpiones	3 574	3 500-5 000	162	10
Scorpiones	2 109	4 000	283	2
Solifugae	1 116	1 115	79	4
Schizomida	273	?	43	0
Amblypygi	172	?	25	0
Thelyphonida	119	?	4	0
Palpigradi	88	100	4	1
Ricinulei	77	85	16	0

Fuente: elaboración propia. El signo "?" hace referencia a que se desconoce el dato estimado. Datos del número de especies en el mundo obtenidos de Zhang 2013 (Acari, Opiliones, Pseudoscorpiones, Scorpiones, Palpigradi, Ricinulei, Amblypygi, y Schizomida), Prendini 2011 a, b (Solifugae y Thelyphonida), World Spider Catalog 2016 (Araneae). Los datos de México proceden de Pérez *et al.* 2014 y un resumen de datos actualizados realizado por los autores

cimas de montañas, desiertos e incluso jardines, en cortezas de árboles y diferentes capas del suelo, y en el caso de algunos ácaros y pseudoescorpiones, transportándose sobre mamíferos e insectos (principalmente escarabajos y moscas en una asociación conocida como foresia) (Muchmore 1971, Beccaloni 2009).

Importancia

La mayor parte de los arácnidos son depredadores y juegan un rol fundamental en el medio ambiente, se consideran agentes de control biológico eficientes ya que contribuyen a la regulación del tamaño de las poblaciones de insectos (Beccaloni 2009). Sin embargo, los ácaros tienen un amplio espectro de hábitos alimentarios, pues pueden ser depredadores, parásitos internos y externos, fitófagos y saprófagos (que se alimentan de materia orgánica en descomposición) y fungívoros (que se alimentan de hongos, tanto de origen vegetal como animal). Los ácaros han alcanzado gran éxito a lo largo de su evolución por su poder de adaptación a todo tipo de hábitats, lo que les permite asociarse a casi todos los seres vivos (plantas, animales vertebrados e invertebrados), originándose diversas interacciones entre ellos, en algunos casos producen graves daños en la agricultura y la ganadería, así como enfermedades en el ser humano, ya que son vectores de agentes infecciosos. En particular las garrapatas, que son de los ácaros de mayor tamaño, se alimentan sólo de sangre y pueden ser transmisoras de una gran variedad de organismos patógenos (Krantz y Walter 2009, Pérez *et al.* 2014).

Los ácaros

Los ácaros de la Ciudad de México constituyen, en su mayoría, especies incluidas en las familias Trombiculidae, Dermanyssidae, Laelapidae, Macronyssidae, Knemidocoptidae y Pterygosomatidae, que corresponden a los parásitos de mamíferos pequeños, aves y reptiles. Otro grupo bien documentado son

los ácaros que forman parte de la fauna del suelo, entre los que se registran especies de las familias Camisiidae, Cymbaeremaeidae, Oppiidae, Damaeidae, Euphthiracaridae, Galumnidae y Bdellidae, los cuales participan como degradadores de la materia orgánica y como controladores biológicos de las poblaciones de otros animales. Destaca la presencia de ácaros de importancia médica para el ser humano, como *Blomia tropicalis* y *Dermatophagoides pteronyssinus* (figura 1), que se encuentran en el polvo de las casas y cuyos alérgenos provocan asma y rinitis en humanos, además de ácaros parásitos de animales domésticos y el ser humano, que son causantes de sarna (Hoffmann y López-Campos 2000, Krantz y Walter 2009).

Las arañas

Del orden Araneae se tiene registro en la ciudad 127 especies pertenecientes a 82 géneros y 28 familias (apéndice 25). Casi todas las arañas producen veneno y de éstas destacan *Latrodectus mactans* (figura 2), *Cheirachantium inclusum* y *Loxosceles* spp., por su importancia en la salud pública. *C. inclusum* se conoce como araña del saco amarillo o araña del costal, se encuentra en la vegetación y es común en jardines cercanos a las viviendas humanas. Su veneno es una neurotoxina que hace que su mordedura sea muy dolorosa y provoque enrojecimiento, hinchazón, hormigueo e irritación en la piel; presentándose, en ocasiones, una sensación de ardor y escozor durante las siguientes 10 horas. Las reacciones sistémicas pueden ser fiebre y contracciones musculares; la lesión necrótica (destrucción de tejido) y la ulceración suelen encontrarse sólo en el área de la mordedura (PSCAS 2006).

Mención aparte merecen *L. mactans*, conocida como viuda negra, araña capulina, chintatlahua o casampulga, y las *Loxosceles*, conocidas como arañas violinistas, arañas del cuadro o arañas del rincón. En México existen sólo dos especies del género *Latrodectus*,



Figura 1. *Dermatophagoides pteronyssinus*, un ácaro (Acari) que vive en el polvo y es causante de alergias. Foto: Griselda Montiel-Parra.

mientras que *Loxosceles* está conformado por alrededor de 35 especies (World Spider Catalog 2016) (véase "Arañas de importancia médica"). A pesar de que se tienen registros de las arañas peligrosas para el humano, como las anteriormente mencionadas, se desconocen los datos reales del número de pacientes que acuden a las instancias de salud para ser atendidos por mordeduras de arañas.

Las tarántulas son un tipo especial de arañas caracterizadas porque mueven sus colmillos de manera vertical y generalmente son de gran tamaño y "peludas" (Kaestner 1968). En la Ciudad de México se han registrado las tarántulas *Hemirrhagus chilango*, *Bonnetina aviae* y *Aphonopelma anitahoffmannae* que se concentran en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA) (Locht *et al.* 2005, Pérez-Miles y Locht 2003,



Figura 2. Vista ventral de la araña capulina o viuda negra, *Latrodectus mactans*, araña muy peligrosa para el humano por su veneno neurotóxico y que suele encontrarse en viviendas. Foto: Alejandro Valdez-Mondragón.

Estrada-Álvarez y Locht 2011). Sus hábitats han sufrido deterioro debido a la expansión de la mancha urbana y se desconoce si son o no explotadas para fines comerciales. En la Ciudad de México también se han registrado otras dos especies que actualmente están en proceso de revisión (véase "Las tarántulas endémicas problemática y conservación").

Los alacranes

Al igual que la mayoría de las arañas, los alacranes o escorpiones (Scorpiones) también poseen veneno, aunque no todas sus especies representan un riesgo. En México se conocen doce especies que son peligrosas y habitan en la vertiente del océano Pacífico (Ponce y Francke 2013). Entre los estados más afectados están Jalisco, Morelos, Guerrero, Nayarit, Guanajuato, Michoacán, Puebla, Durango, Oaxaca y el Estado de México; en contraste, en los estados colindantes con el golfo de México los alacranes no son peligrosos para los humanos (Possani 2005, Francke 2014). En la Ciudad de México existen dos especies de alacranes de color negro: *Vaejovis mexicanus* (figura 3) y *V. granulatus*, que no representan un peligro para el humano. Sin embargo, en los mercados públicos es probable que lleguen alacranes transportados entre las frutas y verduras provenientes de zonas geográficas con especies peligrosas (Possani 2005). Para conocer los reportes de envenenamiento por picadura se puede consultar la página web de la CENAVECE (2010) o bien el trabajo de Celis y colaboradores (2007).

Los opiliones

En México, los opiliones se conocen con el nombre común de arañas patonas, tanganas, macacos, pinacates o sacabuches (Hoffmann 1997, Kury y Cokendolpher 2000; figura 4). Son los únicos arácnidos, junto con algunos



Figura 3. *Vaejovis mexicanus*, un alacrán que puede vivir dentro de viviendas humanas, pero no es peligroso. Foto: Griselda Montiel-Parra.



Figura 4. Opilión del género *Nelima*, una "araña" patona no venenosa. Foto: Rodrigo Monjaraz-Rueda.

ácaros, que se alimentan de materia vegetal, los hay micófagos (que comen hongos) y saprófagos (Hoffmann 1997, Coddington *et al.* 2004). A pesar de que es el tercer grupo de arácnidos más diverso en el país, en la Ciudad de México ha sido poco documentado y sólo se tienen registradas 15 especies, la mayor parte de ellas (14) de la familia Sclerosomatidae. Son endémicas de México (Kury y Cokendolpher 2000). Se les encuentra en diversos hábitats terrestres y con frecuencia coexisten pacíficamente con el ser humano, pues se tolera su presencia con gran tranquilidad ya que son inofensivas. Muchos opiliones son solitarios, pero también hay ciertas especies que suelen reunirse en grandes concentraciones de cientos de ejemplares (Hoffmann 1997).

Los pseudoescorpiones

Los pseudoescorpiones son pequeños arácnidos que pueden encontrarse principalmente en las viviendas humanas, asociados a libros y periódicos apilados, en lugares con una temperatura y humedad moderadas, donde suelen alimentarse de ácaros y pescaditos de plata (insectos del orden Zygentoma). Producen veneno en las pinzas de sus pedipalpos, el cual sólo es dañino para sus pequeñas presas, pero no para el ser humano.

En la Ciudad de México se han registrado a diez especies de cuatro familias: *Dinocheirus tenoch*, *Epichernes aztecus*, *Hesperochernes tumidus*, *Lustrochernes minor* y *L. grossus* (Chernetidae), *Neochthonius stanfordianus* y *Mundochthonius* sp. (Chthoniidae), *Neoamblyolpium* sp. y *Serianus dolosus* (Garypinidae) y *Withius piger* (Withiidae). Las dos primeras especies son endémicas para la ciudad. *D. tenoch* se ha reportado asociada a la vegetación y debajo de piedras (Chamberlin 1929, Villegas-Guzmán 2015). En tanto que *E. aztecus* se ha encontrado sobre el roedor *Neotomodon alstoni* en el Ajusco (Muchmore y Hentschel 1982). *H. tumidus* se encuentra en bosques de pino-encino, *L. minor* (figura 5), se ha



Figura 5. Aspecto de *Lustrochernes minor*, un pseudoescorpión que viaja sobre moscas y gatos, y vive bajo la corteza de los troncos de los árboles. Foto: Griselda Montiel-Parra.

reportado en el mantillo y está asociada a moscas y a gatos que son usados como medios de transporte (Villegas-Guzmán y Pérez 2005); mientras que *L. grossus* se ha registrado en troncos en descomposición; *N. stanfordianus*, *Mundochthonius*, *S. dolosus* y *W. piger*, debajo de piedras en matorral xerófilo, y *Neoamblyolpium* se ha registrado debajo de la corteza de un oyamel (Villegas-Guzmán 2015).

Los solífugos

Los solífugos son un grupo de arácnidos que se distribuyen en lugares templados, tropicales y subtropicales. A nivel mundial existe un total de 12 familias, 153 géneros y 1 116 especies (Prendini 2011*b*). Estos arácnidos carecen de glándulas de veneno pero están armados con un par de quelíceros grandes y fuertes; son encontrados comúnmente bajo piedras y troncos. Son de hábitos nocturnos y se alimentan principalmente de insectos, aunque las especies de tamaño grande puedan alimentarse de lagartijas. En México se distribuyen dos familias: Ammotrechidae y Eremobatidae, y en la capital se encuentran cuatro especies: *Ammotrechula pilosa*, *A. saltatrix*, *Eremobates hystrix* y *Eremobates* sp. 1 (Ballesteros-Chávez 2006, figura 6).

Los palpígrados

Los palpígrados, junto con los ácaros, son los arácnidos más pequeños. Mundialmente, existen dos familias: Eukoeneniidae y Prokoeneniidae, con un total de seis géneros y 83 especies (Zhang 2013). En la Ciudad de México solamente se ha encontrado una especie (*Eukoenenia chilanga*; figura 7), localizada en la sierra de Guadalupe (Montaño-Moreno 2012). Estos pequeños arácnidos habitan principalmente en lugares húmedos, tales como en el suelo, bajo rocas y troncos o en el interior de cuevas, debido a su poca tolerancia a la desecación. Por su tamaño pequeño, se sabe muy poco acerca de su biología, ya que



Figura 6. Aspecto de un solífugo del género *Eremobates*, un voraz arácnido depredador de otros artrópodos, pero inofensivo para el ser humano. Foto: Alejandro Valdez-Mondragón.



Figura 7. Aspecto de *Eukoenenia* sp. género al que pertenece la única especie de palpígrado que se ha registrado en la ciudad, específicamente en "la región Sierra de Guadalupe". Foto: Gonzalo Giribet.

son muy difíciles de recolectar.

Endemismos

Sólo se conocen 16 especies de arácnidos endémicos para la Ciudad de México: 14 especies de opiliones y dos de pseudoescorpiones. Indudablemente el número es mayor, sin embargo hacen falta estudios al respecto.

Amenazas y conservación

En las últimas décadas, el comercio ilegal de especies en México ha alcanzado a este grupo, tal es el caso de las tarántulas que poseen gran popularidad como mascotas, por lo cual el saqueo y sobreexplotación de poblaciones naturales de algunas especies se ha ido incrementando, poniéndolas en riesgo (véase "Las tarántulas endémicas problemática y conservación"). En algunos mercados de la ciudad se puede observar la venta clandestina de tarántulas, por lo que se necesitan medidas y leyes más estrictas, así como estudios científicos que generen evidencia clara de la situación actual de sus poblaciones para establecer si pueden ser aprovechadas sosteniblemente.

Para todos los arácnidos el proceso de urbanización causa alteraciones y reduce el tamaño y número de sus hábitats naturales; aunque este proceso también ofrece una amplia variedad de nuevos microhábitats artificiales presentes en cementerios, parques y construcciones habitacionales, comerciales e industriales (Pérez 1985, Japyassú 2002).

Conclusión

El conocimiento sobre los arácnidos de la Ciudad de México es limitado, ya que los pocos esfuerzos se han concentrado en la REPSA, que por encontrarse dentro de la UNAM, ha sido el área mejor documentada de esta entidad (Rueda-Salazar y Cano-Santana 2009).

Es un hecho que la diversidad de arácnidos sea más alta que la documentada aquí, por lo que deben encaminarse esfuerzos no solamente para trabajar en las pocas áreas naturales protegidas que aún existen en la ciudad, tales como la sierra del Ajusco, el Desierto de los Leones, el cerro de la Estrella, el bosque de

Chapultepec y el bosque de Tlalpan, entre otros, sino también en áreas urbanizadas ya que los arácnidos han colonizado estos microambientes y viven en estrecha relación con el ser humano.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. C. Carlos E. Santibáñez-López, Departamento de Medicina Molecular y Bioprocesos del Instituto de Biotecnología, UNAM, a la M. en C. Laura Patricia Olguín-Pérez, y a la Biól. Dariana Guerrero Fuentes por la información proporcionada de la Colección Nacional de Arácnidos del Instituto de Biología (UNAM); al Dr. Gonzalo Giribet, por la fotografía del palpígrado, y al Dr. Zenón Cano-Santana, por las sugerencias al manuscrito.

Referencias

Ballesteros-Chávez, J.A. 2006. *Catálogo de amblipígidos, uropígidos y solífugos (Arachnida) de la Colección Nacional de Arácnidos (CNAN).* Tesis de Licenciatura. Escuela Nacional de Ciencias Biológicas, Instituto Politécnico Nacional, México.

Beccaloni, J. 2009. Arachnids. University of California Press, Berkeley.

CENAVECE. Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades. 2010. Boletín Epidemiología. En: <*http://www.dgepi.salud.gob.mx/boletin/boletin.php*>, última consulta: enero de 2011.

Celis, A., R. Gaxiola-Robles, E. Sevilla-Godínez, M.J. Orozco Valerio y J. Armas. 2007. Tendencia de la mortalidad por picaduras de alacrán en México, 1979-2003. *Revista Panamericana de Salud Pública* 21(6): 373-380.

Chamberlin, J.C. 1929. *Dinocheirus tenoch*, an hitherto undescribed genus and species of false scorpion from Mexico (Arachnida–Chelonetida). *The Pan-Pacific Entomologist* 5:171-173.

Coddington, J.A., G. Giribet, M.S. Harvey, L. Prendini y D.E. Walter. 2004. Arachnida. pp. 296-318. En: *Assembling the tree of life*. J. Cracraft y M. Donoghue (eds.). Oxford University Press, Oxford.

Durán-Barrón, C.G. 2004. *Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) asociadas a viviendas de la ciudad de México (Área metropolitana).* Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (Sistemática). Instituto de Biología, UNAM, México.

Durán-Barrón, C.G., O.F. Francke y T.M. Pérez Ortiz. 2009. *Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) asociadas con viviendas de la Ciudad de México (Área Metropolitana). Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:55-69.

Estrada-Álvarez, J. y A. Locht. 2011. Descripción de *Bonnetina aviae* sp.n. de México (Araneae: Theraphosidae: Theraphosinae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* (SEA) 48:151-155.

Francke, O. 2014. Biodiversidad de Arthropoda (Chelicerata: Arachnida ex Acari) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Supl. 85: S408-S418.

Guzmán-Cornejo, C., R.G. Robbins y T.M. Pérez. 2007. The Ixodes (Acari: Ixodidade) of Mexico: parasite-host and host-parasite checklists. *Zootaxa* 1553:47-58.

Guzmán-Cornejo, C., R.G. Robbins, A. Guglielmone, *et al.* 2011. The Amblyomma (Acari: Ixodida: Ixodidae) of Mexico: Identification keys, distribution and hosts. *Zootaxa* 2998:16-38.

Harvey, M.S. 2011. Order Pseudoscorpiones de Geer, 1778. In: Zhang, Z.-Q. (Ed.) Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa*: 119-120.

Hoffmann, A. 1997. *El maravilloso mundo de los arácnidos*, 2ª ed. Colección La ciencia para todos No. 116. FCE, México.

Hoffmann A. y G. López-Campos. 2000. *Biodiversidad de los ácaros en México*. CONABIO/UNAM, México.

Japyassú, F.H. 2002. Biodiversidade araneológica: A urbanização afeta a riqueza de espécies? *Saúde Ambiental* 49:24-25.

Kaestner, A. 1968. I*nvertebrate Zoology, vol. 2: Arthropod relatives, Chelicerata, Myriapoda*. Interscience, Nueva York.

Krantz, G.W. 2009. Introduction. pp. 1-2. En: *A manual of acarology*, 3a ed. G.W. Krantz y D.E. Walter (eds.). Texas Tech University Press, Lubbock.

Krantz, G.W. y D.E. Walter (eds.). 2009. *A manual of acarology*, 3a ed. Texas Tech University Press, Lubbock.

Kury, A.B. y J.C. Cokendolpher. 2000. Opiliones. pp. 137-157. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. II. J. Llorente, E. González S. y N. Papavero (eds.). UNAM/CONABIO, México.

Locht, A., F. Medina, R. Rojo e I. Vázquez. 2005. Una nueva especie de tarántula del género *Aphonopelma Pocock* 1901 (Araneae, Theraphosidae, Theraphosinae) de México con notas sobre el género *Brachypelma* Simon 1891. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 37:105-108.

Montaño-Moreno, H. 2012. Redescripción de Eukoenenia hanseni (Arachnida: Palpigradi) y descripción de una nueva especie de palpigrado de México. *Revista Ibérica de Aracnología* 20: 1-15.

Montiel-Parra, G., R. Paredes-León, C. Guzmán-Cornejo, *et al.* 2009. Ácaros asociados a los vertebrados. Pp. 385-394. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Muchmore, W.B. 1971. Phoresy by north and central american pseudoscorpions. *Proceedings of the Rochester Academy Science* 12:79-97.

Muchmore, W.B. y E. Hentschel. 1982. *Epichernes aztecus*, a new genus and species of pseudoscorpion from Mexico (Pseudoscorpionida, Chernetidae). *The Journal of Arachnology* 10:41-45.

Palacios-Vargas, J.G., B.E. Mejía-Recamier y L.Q. Cutz-Pool. 2009. Microartrópodos edáficos. Pp. 203-211. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Palacios-Vargas, J.G. y R. Iglesias. 2004. Oribatei (Acari). Pp. 431-468. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* J.E. Llorente B., J.J. Morrone, O. Yañez O. e I. Vargas F (eds.). UNAM/CONABIO, México.

Pérez, T.M. 1985. Artrópodos urbanos. Reporte de la Biología de Campo. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Pérez, T. M., C. Guzmán-Cornejo, G. Montiel-Parra, *et al.* 2014. Biodiversidad de ácaros en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85: S399-S407.

Pérez-Miles, M. y A. Locht. 2003. Revision and cladistica analysis of the genus *Hemirrhagus* Simon, 1903 (Araneae, Theraphosidae, Theraphosinae). *Bulletin of the British Arachnological Society* 12(8):365-375.

Ponce S., J. y O. Francke B. 2013. Clave para la identificación de especies de alacranes del género Centruroides Marx 1890 (Scorpiones: Buthidae) en el Centro Occidente de México. Biológicas 15(1): 52-62.

Possani, L.D. 2005. El alacrán y su piquete. GDF/UNAM, México

PSCAS. Penn State College of Agriculture Sciences, Agricultural Research and Cooperative Extension. 2006. Commonly encountered Pennsylvania spiders and two rarely encountered but medically important species. En: <*http://pubs.cas.psu.edu/freepubs/pdfs/uf019.pdf*>, última consulta: enero de 2011.

Prendini, L. 2011*a*. Order Solifugae Sundevall, 1833. En: *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa* 3148:117-118.

——. 2011*b*. Order Thelyphonida Latreille, 1804. En: *Animal biodiversity: An outline of higher-level classification and survey of taxonomic richness*. *Zootaxa* 3148:155.

Rueda-Salazar, A.M. y Z. Cano-Santana. 2009. Artropodofauna. Pp. 171-201. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Santibáñez-López, C. E., O. F. Francke, C. Ureta y L. D. Possani. 2016. Scorpions from Mexico: From Species Diversity to Venom Complexity. *Toxins* 8: 1-18.

Villegas-Guzman, G. A. 2015. Psudoescorpiones (sic) (Arachnida: Pseudoscorpiones) de la Ciudad de México y sus alrededores. *Entomología Mexicana* 2:76-81.

Villegas-Guzmán, G.A. y T.M. Pérez. 2005. Hallazgo de pseudoescorpiones (Arachnida: Pseudoescorpiones) foréticos de *Felis catus* Linnaeus, 1758 en la Ciudad de México. *Folia Entomológica Mexicana* 44:85-87.

World Spider Catalog. 2016. Natural History Museum, Bern. En: <*http://wsc.nmbe.ch, version 17.0*>, última consulta: mayo de 2016.

Estudio de caso

Arañas de importancia médica: la viuda negra y la araña violinista

César Gabriel Durán Barrón
Tila María Pérez Ortiz

Introducción

De las 127 especies del orden Araneae registradas en la Ciudad de México (véase "Arácnidos"), por su importancia médica destacan la viuda negra (*Latrodectus mactans*) y la araña violinista (*Loxosceles* spp.), debido a que su mordedura puede provocar incluso la muerte.

La araña viuda negra

La araña *L. mactans* que pertenece a la familia Theridiidae, es comúnmente conocida como viuda negra, araña capulina, chintatlahua o casampulga. Las hembras miden alrededor de 40 mm, su cuerpo es globoso y grande, de color oscuro y presenta en el dorso manchas claras, negras, amarillas o rojas. Ventralmente presentan una marca que semeja un reloj de arena, de color rojo, anaranjado o amarillo (figura 1*a* y *b*). Los machos son de un tamaño mucho menor (< 30 mm), considerando todo el cuerpo y las patas, presentan la coloración similar a la hembra o en tonalidades más claras, aunque presenta un patrón de líneas más oscuras y uniformes (Levi 1959).

Esta araña es de hábitos nocturnos y puede habitar en viviendas humanas; las hembras frecuentemente están colgando boca arriba en sus telarañas, mientras que los machos se encuentran cerca de la telaraña o deambulando sobre los muros o algunas veces en el piso (Palmer 1961). Pueden tejer su tela en cornisas, árboles, oquedades de muros, marcos de puertas y ventanas, rincones oscuros, clósets o lugares donde se acumulan objetos, y se alimentan de cochinillas, pececitos de plata, hormigas o chapulines (PSCAS 2006).

Durante la época de reproducción, las hembras colocan en su tela un saco de 12 a 15 mm de diámetro que contiene de 200 a 900 huevecillos, los cuales tardan alrededor de un mes en eclosionar. Los machos, tienen un periodo de vida muy corto y mueren después de aparearse (PSU 2002).

Las viudas negras se han registrado en diversas colonias de la ciudad localizadas en las delegaciones Coyoacán y Magdalena Contreras y en municipios del Estado de México, como Cuatitlán Izcalli (Durán-Barrón 2004).

El veneno de estas arañas contiene una α-latrotoxina, que es neurotóxica y afecta principalmente al sistema nervioso central (cuadro 1). Sólo las hembras muerden y la mordedura es poco dolorosa, en casos muy severos puede provocar la muerte, aunque estos eventos son raros y presentan consecuencias fatales principalmente en niños y ancianos (Andrade 2003). La víctima puede presentar síntomas una o dos horas después de haber sido mordido. El veneno se disemina rápidamente por el pecho, piernas y brazos, provocando náuseas, malestar en general, opresión torácica, profunda sudoración, contracturas de músculos faciales, dolor en cintura y muslos, calambres abdominales con rigidez muscular, estreñimiento, retención urinaria, taquicardia, hipertensión arterial,

Durán-Barrón, C.G. y T.M. Pérez. 2016. Arañas de importancia médica: la viuda negra y la araña violinista. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.239-244.





Figura 1. *a*) Mancha en forma de reloj de arena en la parte ventral; *b*) manchas en la parte dorsal del opistosoma de la viuda negra (*Latrodectus mactans*). Fotos: César Gabriel Durán-Barrón.

Cuadro 1. Comparación de dos enfermedades (latrodectismo y loxoscelismo) causadas por mordedura de arañas.

	Latrodectismo	Loxoscelismo
Nombre de la araña	*Latrodectus*	*Loxosceles*
Tipo de veneno	Neurotóxico -latrotoxina	Necrótico Esfingomielinasa D
Sintomatología	Náuseas, opresión torácica, diaforesis profunda, contracturas de músculos faciales, dolor en cintura y muslos, calambres abdominales, rigidez muscular, estreñimiento, retención urinaria, taquicardia, hipertensión arterial, agitación, inquietud, ansiedad y sensación de muerte inminente	Lesiones cutáneas (flictenas hemorrágicas, escarificación y ulceración necrótica). Lesiones sistémicas (escalofríos, fiebre, orina con sangrado, fatiga, ictericia, dolor en las articulaciones, nauseas y salpullido)
Daño	Daño en médula espinal, hígado, riñones, nódulos linfáticos, bazo, timo, glándulas suprarrenales	Lesiones cutáneas (destrucción de tejido = necrosis). Lesiones sistémicas (insuficiencia renal y muerte en casos extremos)
Tratamiento	Antiveneno o faboterápico de tercera generación (Reclusmyn(R))	Para lesiones cutáneas antiveneno o faboterápico de tercera generación Reclusmyn(R), termorregulación local, cirugía precoz, corticosteroides y antihistamínicos. Para lesiones sistémicas suero de tercera generación Locymyn y transfusión sanguínea.
Dosis	1 o 2 frascos por vía endovenosa	Variable, dependiendo el tipo de lesión y el grado de avance de la misma, se pueden usar desde dos hasta seis dosis
Especialistas	Dra. Carmen Sánchez, Hospital La Raza (IMMS) (minitoxx@yahoo.es)	

Fuente: Ramos y Vázquez 1999, PSU 2002, Andrade 2003, Zavala y Maguiña 2003.

agitación, inquietud, ansiedad y sensación de muerte inminente (Andrade 2003, CENAVECE 2010). El veneno afecta principalmente a la médula espinal; pueden encontrarse lesiones generalizadas en el hígado, riñones, nódulos linfáticos, bazo, timo y glándulas suprarrenales. Los casos registrados son accidentales y ocurren principalmente porque la gente involuntariamente molesta a la araña. Por desgracia no se cuenta con estadísticas sobre casos de mordeduras de arañas. Para su tratamiento se recomienda el uso del suero antiarácnido de tercera generación (Aracmyn), la dosis que suele aplicarse dependerá del grado de avance de la sintomatología y la toxicidad, básicamente el suero se aplica por vía endovenosa (Andrade 2003) (cuadro 1).

La araña violinista

Las arañas del género *Loxosceles* sp., que pertenecen a la familia Sicariidae son conocidas como arañas violinistas, arañas del cuadro, araña café o arañas del rincón. Tanto la hembra como el macho son muy parecidos entre sí y llegan a medir de 5 a 13 mm. Estas arañas poseen seis ojos en el prosoma o parte anterior del cuerpo, y en la parte dorsal de la misma, presentan una mancha de color contrastante (generalmente de tono café más oscuro) que semeja un violín, mientras que el opistosoma (parte final de su cuerpo) es ovalado, cubierto por sedas y de una tonalidad amarilla a un café oscuro o chocolate, las patas son delgadas, largas y cubiertas por sedas (Ubick 2005, figura 2).

Las arañas violinistas son de hábitos nocturnos, pueden encontrarse en el interior y exterior de las casas habitación. Las hembras construyen una telaraña rala e irregular (Palmer 1961) en lugares secos y tranquilos, como sótanos, garajes y clósets. La telaraña no es usada para cazar ya que la araña es una cazadora activa y se alimenta principalmente de insectos (pececitos de plata, cucarachas y pulgas) y de otros arácnidos. Sus escondites se presentan en los baños, prendas de vestir, ropa de cama, debajo de muebles, en hendiduras de muros, marcos de puertas y ventanas, debajo de la corteza de árboles y piedras, así como en papeles, maderas y ladrillos almacenados. Las hembras pueden llegar a producir de dos a cinco sacos de huevos durante su vida, depositando dentro de éstos de 20 a 50 huevecillos, de los cuales emergen las crías a los 30 días y tardan de ocho a 12 meses en llegar a ser adultos (PSCAS 2006).

En el mundo se tienen registradas 114 especies de amplia distribución, que se ubican en Australia, Asía, África, Centroamérica, Las Antillas, Norteamérica y Sudamérica (World Spider Catalog 2016). En México ocurren 38 especies, que se distribuyen en Baja California Norte, Baja California Sur, Chiapas, Colima, Coahuila, Chihuahua, Ciudad de México, Durango, Guerrero, Hidalgo, Jalisco, Morelos, Nayarit, Nuevo León, Oaxaca, Puebla, Quintana Roo, San Luís Potosí, Sinaloa, Sonora, Tabasco, Tamaulipas, Veracruz, Yucatán y Zacatecas (Durán-Barrón y Ayala-Islas 2007). En la Ciudad



Figura 2. Mancha en forma de violín en el caparazón de *Loxosceles* sp. Foto: César Gabriel Durán-Barrón.

de México existe un registro esporádico de estas arañas en una vivienda de la delegación Tlalpan (Durán-Barrón 2004), y varios registros en una vivienda de la delegación Coyoacán, aunque debido a su amplia distribución y al constante tránsito de flora y frutos de diversos estados de la república hacia la capital, no se descarta la posibilidad de que puedan ser encontradas en viviendas de otras delegaciones (Durán-Barrón y Ayala-Islas 2007).

El veneno de estos arácnidos contiene una necrotoxina llamada esfingomielinasa D, concentrado necrótico o de propiedades citotóxicas. Se considera peligrosa ya que es una toxina que induce la muerte de las células (necrosis) y produce lesiones en la piel de extensión variable o daño a los eritrocitos de la sangre, así como choque y daño en hígado y riñones (Henrique da Silva *et al.* 2004). En casos severos se necesita la amputación de miembros o la zona afectada con la finalidad de detener el cuadro de necrosis (Zavala y Maguiña 2003). Una mordedura se puede expresar por medio de dos tipos de lesiones: las de piel (cutáneas) y las sistémicas (escalofríos, fiebre, orina con sangrado, fatiga, ictericia, dolor en las articulaciones, náuseas y salpullido). Para el tratamiento de lesiones cutáneas se recurre a varios esquemas terapéuticos, como el uso de suero antiloxoscélico, corticosteroides y antihistamínicos, así como termorregulación local y cirugía precoz. Mientras que para las lesiones sistémicas se usa un suero antiloxoscélico y transfusión sanguínea (Zavala y Maguiña 2003) (cuadro 1).

Actualmente se desconoce qué especie o especies de las 38 que se reportan para México habitan en la Ciudad de México y la zona metropolitana. Durán-Barrón y Ayala-Islas (2007) reportan *L. misteca* dentro de una vivienda de la delegación Coyoacán y Durán-Barrón *et al.* (2009) a *Loxosceles* sp. en la delegación Tlalpan. Se tiene conocimiento de la existencia de especies introducidas en Estados Unidos y México, además dado que la distribución natural de estas arañas es en zonas de clima tropical, la problemática se acentúa aún más (Ramos y Vázquez 1999, Durán-Barrón y Ayala-Islas 2007).

Recomendaciones generales

A pesar de lo problemático que parezcan estas especies debido a sus implicaciones médicas, es importante también resaltar su necesidad dentro de los ecosistemas naturales y últimamente en los urbanos, en especial en los de la Ciudad de México, debido a que son excelentes controladores naturales de las poblaciones de insectos (Durán-Barrón *et al.* 2009, Desales-Lara *et al.* 2013).

En el caso de la viuda negra hay problemas para detectarla debido a variaciones en su morfología general, ya que se han encontrado diferencias a nivel de coloración, presencia o ausencia de líneas, manchas o marcas en el cuerpo, así como variaciones en la forma, color, tamaño e incluso ausencia del "reloj de arena" que comúnmente se usa para distinguir a las viudas negras de otras arañas. Estudios destinados a identificar esta araña podrían desembocar en el registro de especies de este género en la Ciudad de México. Mientras que para el caso de la araña violinista, su presencia reciente dentro de viviendas humanas es de sumo interés, debido a que el clima de la ciudad no es el idóneo para que puedan establecerse, pero los reportes de su presencia se hacen cada día más evidentes y es de suma importancia entender este fenómeno y con ello proponer medidas preventivas para evitar problemas futuros. Por desgracia, actualmente no existen trabajos encaminados a resolver estas problemáticas, a pesar de ser de vital importancia.

Agradecimientos

A la M. en C. Laura Patricia Olguín-Pérez de la Colección Nacional de Ácaros del Instituto de Biología (UNAM) por las sugerencias y correcciones hechas al texto

Referencias

Andrade, M.A. 2003. Diagnóstico y tratamiento de Latrodectismo. Pp. 27-28. En: *Memorias de la 6a. reunión de expertos en envenenamiento por animales ponzoñosos*. Instituto de Biotecnología; International Society on Toxinology/CONACYT (eds.). Cuernavaca, Morelos.

CENAVECE. Centro Nacional de Vigilancia Epidemiológica y Control de Enfermedades. 2010. Boletín Epidemiología. En: <*http://www.epidemiologia.salud.gob.mx/dgae/boletin/intd_boletin.html*>, última consulta: julio de 2013.

Desales-Lara, M.A., O. Francke y P. Sánchez-Nava. 2013. Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) en hábitats antropogénicos. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 84:291-305.

Durán-Barrón, C.G. 2004. *Diversidad de arañas (Arachnida: Araneae) asociadas a viviendas de la Ciudad de México (Área metropolitana)*. Tesis de Maestría en Ciencias Biológicas (Sistemática). Instituto de Biología, UNAM, México.

Durán-Barrón, C.G. y D.E. Ayala-Islas. 2007. Presencia de arañas del género *Loxosceles* Heineken & Lowe, 1832 en la Ciudad de México. Memorias de la 8a. reunión internacional de expertos en envenenamiento por animales ponzoñosos. Instituto de Biotecnología/Instituto de Neurobiología, UNAM, Querétaro, México.

Duran-Barrón, C.G., O. Francke y T.M. Pérez-Ortiz. 2009. Diversidad de arañas (Arachnidae: Araneae) asociadas con viviendas de la Ciudad de México (Zona Metropolitana). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:55-69.

Henrique da Silva, P., R. Bertoni da Silveiraa, M.H. Appela, *et al*. 2004. Brown spiders and loxoscelism. *Toxicon* 44: 693-709.

Levi, H.W. 1959. *The spider genus Latrodectus* (Araneae, Theridiidae). *Transactions of the American Microscopical Society* 78:7-43.

Palmer, E.L. 1961. Spiders and webs: various types of spiders webs afford rich area of special study. *Natural History* 112:1-11.

PSCAS. Penn State College of Agriculture Sciences, Agricultural Research and Cooperative Extension. 2006. Commonly encountered Pennsylvania spiders and two rarely encountered but medically important species En: <*http://pubs.cas.psu.edu/freepubs/pdfs/uf019.pdf*>, última consulta: enero de 2011.

PSU. Penn State University. 2002. Spiders and two rarely encountered but medically important species. College of Agriculture Sciences, Agricultural Research and Cooperative Extension (eds). En: <*http://pubs.cas.psu.edu/freepubs/pdfs/uf019.pdf*>, última consulta: enero de 2011.

Ramos, R.H. y I. Vázquez, 1999. Arañismo ocasionado por especies del género *Loxosceles* (Araneae: Sicariidae). *Revista Educativa para la Salud* 29:25-34.

Ubick, D. 2005. Sicariidae. En: *Spiders of North America: an identification manual*. D. Ubick, P. Paquin, P. E. Cushing y V. Roth (eds.). American Arachnological Society, San Francisco, California.

World Spider Catalog. Natural History Museum Bern. En: <*http://wsc.nmbe.ch, version* 17.0>, última consulta: 05 de mayo de 2016

Zavala, A. y C. Maguiña. 2003. Clínica y terapéutica del Loxoscelismo en el Perú. Pp. 43-44. En: *Memorias de la 6ta Reunión de expertos en envenenamiento por animales ponzoñosos*. Instituto de Biotecnología, International Society on Toxinology y CONACYT. Cuernavaca, Morelos.

Estudio de caso

Las tarántulas endémicas: problemática y conservación

Jorge Iván Mendoza-Marroquín

Descripción

Las tarántulas son un grupo de arañas de la familia Theraphosidae que se reconocen por su gran tamaño y su cuerpo cubierto de vellosidades. Algunas miden más de 20 cm, incluyendo las patas, y tienen un gran colorido que va del negro, café, rojo, naranja y azul hasta violeta (Reichling 2003). Son animales muy longevos, pues pueden vivir más de 20 años. Son depredadores de diversos tipos de invertebrados y algunos pequeños vertebrados, como aves, reptiles, anfibios y mamíferos. Por otro lado, sirven de alimento a coatíes, mapaches, zorros, cacomixtles y otros mamíferos de tamaño similar, así como a aves carnívoras y a lagartijas (Schultz y Schultz 1998). A diferencia de otras arañas, no construyen telarañas pero usan su seda para cubrir su madriguera. La mayoría de las tarántulas de América tienen pelos urticantes localizados en la parte dorsal del abdomen, los cuales arrojan al aire ante cualquier agresión o peligro (Gallon 2000).

Las tarántulas mexicanas no representan peligro para los seres humanos, por esta razón, así como por su colorido y gran longevidad, se han convertido en animales populares como mascotas, provocando que miles de ellas sean extraídas de su hábitat para ser vendidas a coleccionistas (Schultz y Schultz 1998). Viejas creencias populares sin sustento subsisten actualmente en México. La más difundida es la "podredumbre de los cascos", según la cual, cuando una tarántula va a hacer su nido, se dirige a las caballerizas y con sus colmillos recorta los pelos que rodean los cascos de las patas de un caballo, al tiempo que orina sobre los mismos, ocasionando, según la creencia, que los cascos se pudran y se caigan (Medina 2007).

Diversidad y distribución

En México se conocen 13 géneros y 92 especies, 93% de las cuales son endémicas del país, por lo que ocupa el segundo lugar del mundo en diversidad de tarántulas, sólo después de Brasil (World Spider Catalog 2016). Las tarántulas habitan en todo el territorio nacional y su mayor número de endemismos se encuentra en la región del Pacífico, en los estados de Jalisco, Michoacán, Guerrero y Oaxaca (Locht 2008).

En la Ciudad de México se cuenta con el registro de tres géneros y tres especies (véase la contribución Arácnidos): la tarántula del Pedregal (*Aphonopelma anitahoffmannae*, figura 1), la tarántula cavernícola (*Hemirrhagus chilango*; figura 2) y la tarántula enana (*Bonnetina aviae*) (Locht *et al.* 2005, Pérez-Miles y Locht 2003, Estrada-Álvarez y Locht 2011, Mendoza 2014), aunque existen dos especies más que hasta el momento no han sido descritas (Colección Nacional de Arácnidos, inédito). Las tres especies identificadas son endémicas

Mendoza, J. 2016. Tarántulas endémicas: problemática y conservación. 2016. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.245-248.

de la cuenca de México, pero sólo las primeras dos lo son de la Ciudad de México, pues la tarántula enana también se distribuye en el Estado de México (Estrada-Álvarez y Locht 2011). Tanto la *A. anitahoffmannae* como la *H. chilango* habitan matorrales, bosques y cañadas de las Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, el Pedregal de San Ángel, Los Dinamos y la sierra del Ajusco, mientras que la *B. aviae* habita principalmente en la Sierra de Guadalupe y el Pedregal de San Ángel (Base de datos de la Colección Nacional de Arácnidos).

Amenazas y conservación

En la ciudad, la principal amenaza que enfrentan las tarántulas es la pérdida de su hábitat debido a la urbanización; adicionalmente, la tarántula del Pedregal se captura y comercia ilegalmente como mascota exótica (Lot *et al.*, 2012). La proliferación de asentamientos irregulares sobre suelo de conservación es un factor que puede acabar con poblaciones enteras de tarántulas dado que habitan en madrigueras subterráneas que son fácilmente destruidas durante los procesos de construcción (obs. pers.). Estos factores se ven potenciados por el poco valor y aprecio que los ciudadanos tienen por estos organismos (Beltrán 2009). Desafortunadamente, no se lleva a cabo ninguna labor de conservación específica para las tarántulas de la entidad.

Conclusión y recomendaciones

Es necesario plantear estrategias para la conservación del hábitat y deben realizarse acciones de educación dirigidas a los ciudadanos



Figura 1. Tarántula del Pedregal (*Aphonopelma anitahoffmannae*). Foto: Jorge I. Mendoza.

Figura 2. Tarántula cavernícola de la cuenca de México (*Hemirrhagus chilango*). Foto: Jorge I. Mendoza.



Figura 3. Tarántula enana (*Bonnetina aviae*). Foto: Jorge I. Mendoza.

que se ubican en las zonas cercanas a las áreas naturales, con la finalidad de eliminar la creencia de que las tarántulas son animales peligrosos o dañinos. Es deseable que los capitalinos reconozcan que las tarántulas son ecológicamente importantes y carismáticas. Estas acciones deben complementarse con proyectos de investigación que permitan conocer la riqueza de tarántulas que habitan en la Ciudad de México, el estado de conservación de sus poblaciones naturales, así como proyectos de reproducción en cautiverio que permitan hacer frente al mercado ilegal.

Referencias

Beltrán, G. 2009. Estatus de poblaciones en vida libre en el mundo, mercado ilegal y acciones de conservación. Pp. 27-37. En: *Memorias del segundo curso de manejo de tarántulas y escorpiones en cautiverio*. P. Mejía y M. Bautista (eds.). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México.

Estrada-Álvarez, J. y A. Locht. 2011. Descripción de *Bonnetina aviae* sp. n. de México (Araneae: Theraphosidae, Theraphosinae). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 48:151-155.

Gallon, R. 2000. The natural history of tarantula spiders. British Tarantula Society.

Locht, A., F. Medina, R. Rojo e I. Vázquez. 2005. Una nueva especie de tarántula del género *Aphonopelma* Pocock 1901 (Araneae, Theraphosidae, Theraphosinae) de México con notas sobre el género *Brachypelma* Simon 1891. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 37:105-108.

Locht, A. 2008. *Estudio sobre la sistemática y distribución de la familia Theraphosidae (Arachnida, Araneae) en México*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Lot, A., M. Pérez, G. Gil, *et al.* 2012. La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Atlas de riesgos. Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, UNAM, México.

Medina, F. 2007. Mitos y realidades sobre las tarántulas. Pp. 40-51. En: *Memorias del primer curso de manejo y mantenimiento de tarántulas en cautiverio*. M. Figueroa, P. Díaz y P. Mejía (eds.). Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México.

Mendoza, M.J.I. 2014. Taxonomic revision of *Hemirrhagus* Simon 1903 (Araneae: Theraphosidae, Theraphosinae), with description of five new species from Mexico. *Zoological Journal of the Linnean Society* 170:634-689.

Pérez-Miles, F. y A. Locht. 2003. Revision and cladistic analysis of the genus *Hemirragus* Simon, 1903 (Araneae, Theraphosidae, Theraphosinae). *Bulletin of the British Arachnological Society* 12:365-375.

Reichling, S. 2003. *Tarantulas of Belize*. Krieger Publishing Company, Malabar, Florida.

Schultz, S.A. y M.J. Schultz. 1998. *The tarantula Keeper's guide*. Barron's Educational Series, Nueva York.

World Spider Catalog. 2016. Natural History Museum Bern. En: <*http://wsc.nmbe.ch, version 17.0*>, última consulta 12 de mayo de 2016.

Insectos cola de resorte (Collembola)

José Guadalupe Palacios Vargas

Descripción

A pesar de que son poco notorios, los colémbolos son más frecuentes de lo que se piensa. Cuando se está en un jardín leyendo, pueden brincar sobre el libro y en un instante desaparecer. Al levantar una piedra o un trozo de madera en descomposición, se pueden observar diminutos organismos de color gris, blanco o azul que corren o brincan sobre la tierra. También al regar las macetas con frecuencia aparecen flotando o saltando en la superficie del agua. En inglés les llaman *springtails*, o *cola de resorte*, por que muchos de ellos tienen la capacidad de brincar.

El nombre de colémbolos se deriva del grupo taxonómico Collembola, de la palabra griega colla, que significa pegamento y *embolon*, pistón o tubo. El tubo ventral o colóforo es un tubo pegajoso que ellos usan para adherirse a las superficies lisas y es su carácter más distintivo (figura 1). Otra estructura típica del grupo es un órgano para saltar llamado fúrcula, que se localiza en la parte ventral del organismo. Los que viven en suelos profundos han perdido la fúrcula y por lo tanto la capacidad de brincar. Los colémbolos pueden ser blancos, azules, grises, rojos, amarillos y varios son multicolores. Su cuerpo puede ser alargado (figuras 2 y 4) o globoso (figura 3) y eso depende del ambiente en que viven.

Los colémbolos son pequeños hexápodos, parientes de los insectos, pero sin alas, que miden en promedio 2 mm de longitud (entre 200 micras y 10 mm). Son comunes y abundantes en diferentes ambientes y con frecuencia se registran densidades de más de 100 000 ind/m^2 (Hopkin 1997, 2002*a*). En la copa de los árboles de las selvas puede haber más de un millón de ejemplares en 100 m^2 (Palacios-Vargas y González 1995).

Estos animales habitan en muchos lugares en el mundo, ya que su alta capacidad de dispersión les ha permitido conquistar diferentes ecosistemas con climas extremos, tales como los desiertos y las regiones polares (Hopkin 2002*b*), así como las zonas tropicales y templadas. Se pueden encontrar desde el nivel del mar y hasta más de 7 000 m de altitud. Los ambientes en los que siempre se encuentran son: el suelo (hasta 1.5 m de profundidad), la capa de hojas en el piso de los bosques, en los musgos, en las cortezas de árboles, en los estanques de agua temporales o permanentes, ríos y lagos, en el excremento (guano) de murciélagos, en cuevas y en plantas que crecen arriba de los árboles. Son frecuentes en nidos de insectos sociales, aves y mamíferos (Hopkin 1998, Palacios-Vargas 2000). Los únicos ambientes que poco han podido colonizar son las aguas profundas y el mar abierto.

Palacios-Vargas, J.G. 2016. Insectos cola de resorte (Collembola). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.249-258.

El cuerpo de los colémbolos (figura 1) se divide en tres regiones: *a*) cabeza con un par de antenas con cuatro segmentos (artejos), y ocho ojos a cada lado de la cabeza, algunas especies cavernícolas o de suelos profundos son ciegas; las piezas bucales (mandíbulas y maxilas) están dentro de una cavidad bucal; *b*) tórax conformado por tres segmentos, cada uno lleva un par de patas, y *c*) abdomen que puede ser deprimido o comprimido (como pequeños camarones) y constituido por seis segmentos, que pueden estar fusionados (Hopkin 1997, 2002*b*).

Diversidad

Se conocen poco más de 8 200 especies de colémbolos que se distribuyen ampliamente en el mundo, ya que tienen gran capacidad para ocupar diversos hábitats; sin embargo, esta cantidad sólo representa una proporción muy baja del número de especies que en realidad existen, ya que aún faltan muchas por descubrir y describir. En México se tienen registros de cerca de 700 especies ubicadas en más de 107 géneros y 22 familias (Castaño-Meneses 2005, Palacios-Vargas 1997). Del total de colémbolos representados, las familias Hypogastruridae, Neanuridae, Onychiuridae, Isotomidae y Entomobryidae son las más diversas en el país, mientras que las de menor riqueza son Actaletidae, Tomoceridae, Oncopoduridae, Isotogastruridae y Neelidae (Palacios-Vargas *et al.* 2004).

Al comparar la riqueza de especies de los colémbolos de cada estado de la república mexicana se nota que entre los más estudiados están: Veracruz (129), la Ciudad de México (115), Quintana Roo (107), el Estado de México (107), Guerrero (95), Morelos (84), Tamaulipas (72) e Hidalgo (65) (Palacios-Vargas et al. 2000, 2004). Estados como Colima, Querétaro y Tlaxcala presentan menos de una decena de especies y hay otros en los que no se conoce ninguna.

Distribución

La lista y distribución de las especies de Collembola de la Ciudad de México (apéndice 26) se elaboró con información de la base de datos de la colección de Collembola de México (LESM-CONABIO), de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Esta base fue analizada recientemente por Delgado de la Selva (2010). La nomenclatura de las especies fue actualizada conforme a la versión electrónica de la lista de Collembola del mundo (Bellinger *et al.* 2010). Para el análisis de la distribución regional se elaboró un cuadro comparativo presencia/ausencia para ver qué especies están presentes en cada región (cuadro 1).

De los 114 colémbolos que se conocen de la Ciudad de México (de 16 familias y 58 géneros; apéndice 26), 23 especies no han sido encontradas en otros estados que conforman la Faja Volcánica Transmexicana (Palacios-Vargas *et al.* 2007); dos de ellas son endémicas, una de los Humedales de Xochimilco (*Brachystomella gabrielae*) y otra del volcán Xitle (*Friesea xitlensis*) (Najt y Palacios-Vargas 1986, Palacios-Vargas y Vidal-Acosta 1994).

De conformidad con la zonificación que se hizo de la Ciudad de México para este trabajo, se puede señalar que la región Bosques y Cañadas es la que más especies tiene registradas (88), y viven principalmente en el suelo y el mantillo. De la región Humedales de Xochimilco y Tláhuac se han citado sólo 12; entre ellas, las mejor adaptadas a vivir en la superficie del agua o alrededor de los humedales son: *Ballistrura schoetti*, *Sminthurides bifidus* y *S. occultus*. Las demás han sido principalmente colectadas en algunos de los cultivos de las chinampas. De los jardines y parques urbanos se han citado 48 especies; sin embargo, cabe señalar que de la Reserva del Pedregal de San Ángel se cuenta con algunas especies nuevas, aún inéditas, y que no son compartidas con los demás parques de la ciudad. Los primeros registros de la reserva son de 1981 (Palacios-Vargas 1981) y reciente-

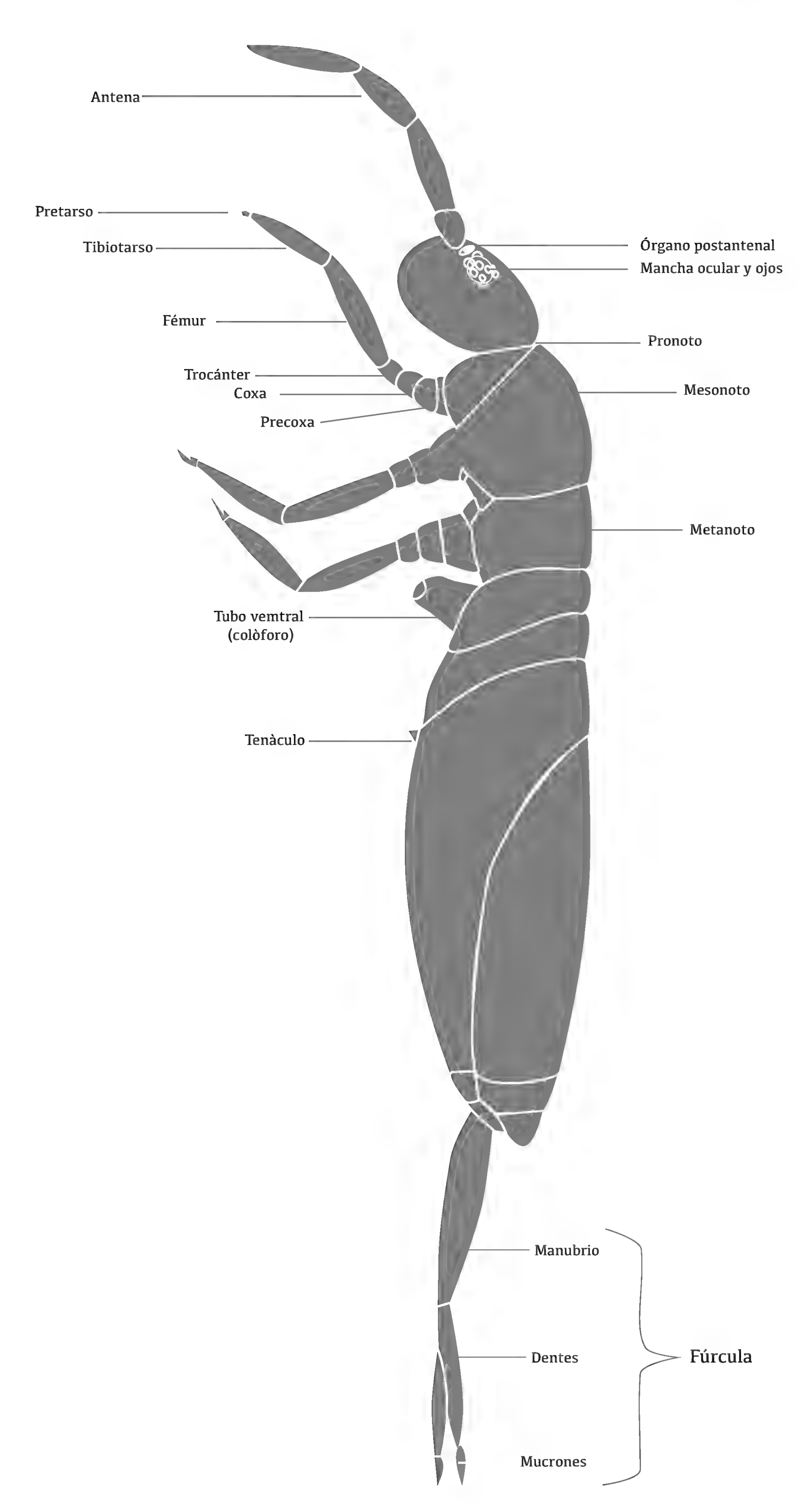


Figura 1. Esquema de un colémbolo con sus principales estructuras corporales. Ilustración: J.G. Palacios-Vargas.

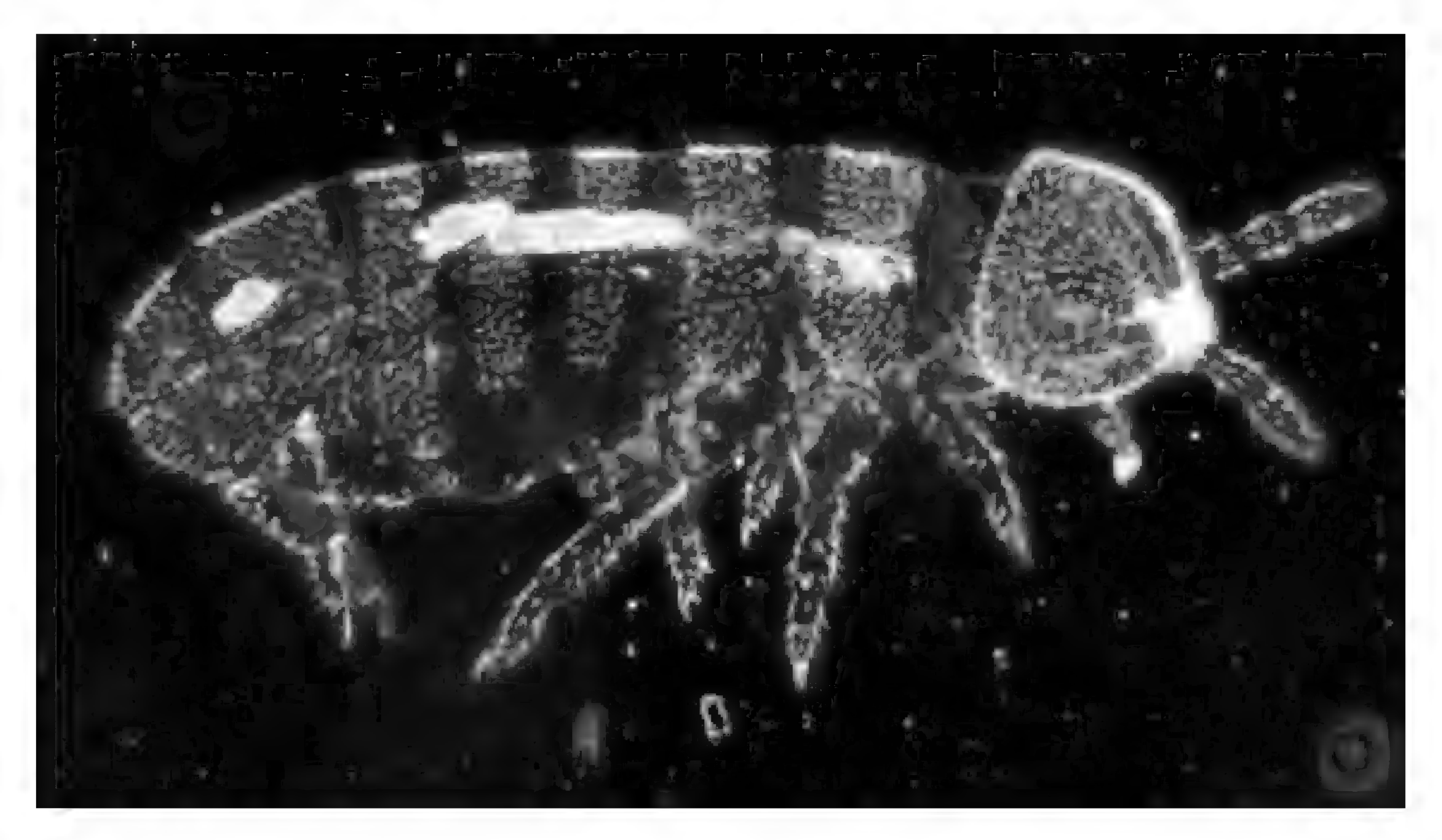


Figura 2. Imagen de un colémbolo alargado: *Proisotoma* sp. (Isotomidae). Foto: J.G. Palacios-Vargas.

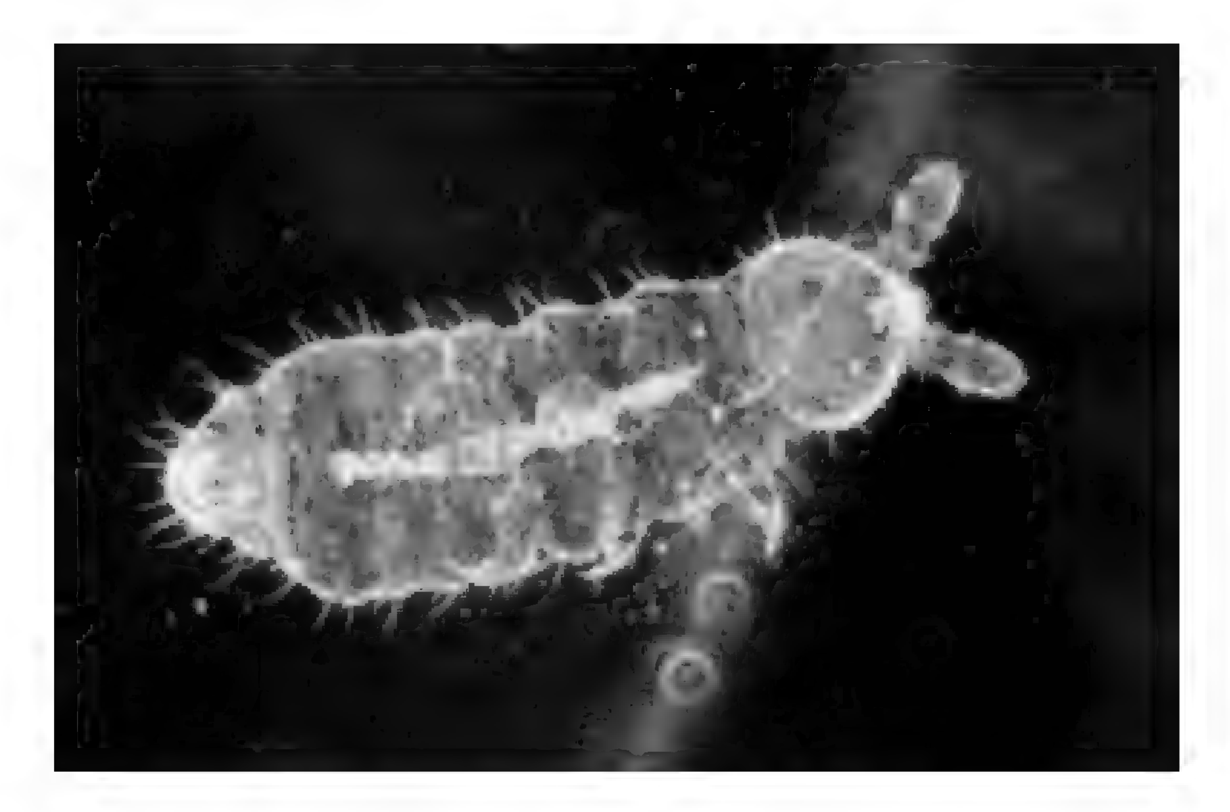


Figura 3. Imagen de un colémbolo globoso: *Ptenothrix* sp. (Dycirtomidae). Foto: J.G. Palacios-Vargas.

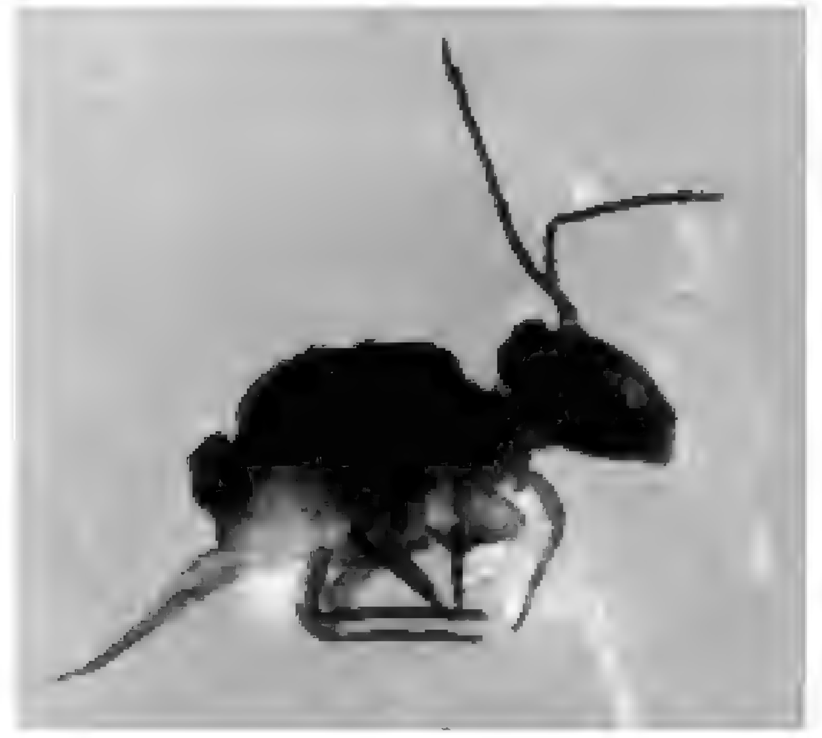


Figura 4. Imagen de un colémbolo alargado: *Ceratophysella* sp. (Hypogastruridae). Foto: J.G. Palacios-Vargas.

mente se ha estudiado la estructura de sus comunidades (Arango-Galván *et al*. 2007). En la región Serranías de Xochimilco y Milpa Alta solamente se han registrado siete especies; sin embargo, lo más probable es que compartan muchas de las que viven en los bosques y cañadas. De la Sierra de Guadalupe sólo ha sido citada una especie y ninguna de la Sierra de Santa Catarina. Esta regionalización de la Ciudad de México permite ver que algunas áreas no han sido estudiadas y se carece de información al respecto (apéndice 26).

Mención especial merece el estudio de la fauna de colémbolos de la Planta de Composta de Residuos Orgánicos en el Bordo Poniente de Xochiaca (Estado de México) (Mejía-Recamier y Palacios-Vargas 2008), perteneciente a la Dirección General de Servicios Urbanos de la Ciudad de México, con la que colinda en su parte noreste y que los suelos obtenidos de allí

Cuadro 1. Lista de colémbolos y su distribución en las diferentes regiones de la Ciudad de México. 1) Bosques y Cañadas, 2) Humedales de Xochimilco y Tláhuac, 3) Parques y Jardines, 4) Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, 5) Sierra de Guadalupe.

Especie	Regiones				
	1	2	3	4	5
Hypogastrura assimilis	*	*	*		
H. copiosa	*				
H. matura	*				
H. mexicana		*			
Ceratophysella armata	*				
C. denticulada	*		*		
C. gibbosa	*				
C. maya	*				
C. scotti	*				
C. tolteca	*				
Schoettella distincta	*		*		
S. janiae				*	
Choreutinulla nodiseta	*				
Xenylla boerneri			*		
X. cavernarum	*		*		
X. christianseni	*		*		
X. grisea	*		*		
X. humicola	*		*		
X. nitida	*				
X. pseudomaritima	*				
X. welchi	*	*	*		
X. wilsoni			*		
Acherontiella sabina	*				
Willemia persimilis	*				
Brachystomella contorta	*		*	*	
B. gabrielae		*			
B. parvula				*	
B. taxcoana				*	
Friesea xitlensis	*				
Neanura muscorum	*				
Americanura macgregori				*	
Sensillanura barberi	*				
Pseudachorutes complexus	*				
P. simples				*	
Deuteraphorura antheuili	*				
D. opa	*				
D. pseudofimetaria	*	*			
Protaphorura armata	*	*			

Cuadro 1. Continuación.

Especie	Regiones				
	1	2	3	4	5
P. florae				*	
P. hera	*				
Orthonychiurus folsomi	*				
Thalassaphorura encarpata	*	*			
Mesaphorura krausbaueri	*				
M. macrochaeta	*	*	*		
Tullbergia mexicana	*				
Neotullbergia americana	*				
Folsomides angularis	*				
F. parvulus	*		*		
Ballistura laticauda	*		*		
B. schoetti	*	*			
Cryptopygus thermophylus	*				
Folsomia candida	*				
F. inoculata	*				*
F. peniculata	*		*		
Folsomina onychiurina	*		*		
Isotomurus cibus			*		
I. palustres	*		*		
I. retardatus	*		*		
Isotoma notabilis	*		*		
I. viridis	*		*		
Isotomiella minor	*		*		
Parisotoma notabilis	*		*		
P. tariva			*		
Pseudisotoma sensibilis	*				
Desoria uniens			*		
Clavisotoma laticauda			*		
Proisotoma intermixta	*				
P. minuta	*				
Hemisotoma thermophila	*		*		
Orchesella bulba	*				
O. carneiceps	*				
O. folsomi	*				
O. zebra	*		*		
Entomobrya atrocincta	*		*		
E. ligata	*		*		
E. nivalis	*				
E. sinelloides	*		*		
E. triangularis			*		

Cuadro 1. Continuación.

Especie	Regiones				
	1	2	3	4	5
Heteromurus major	*				
Americabrya arida	*				
Entomobryoides mineola	*	*			
Seira bipunctata	*		*		
S. cyaneus	*				
S. mexicana	*				
Desertia semicolorata	*				
Pseudosinella aera			*		
P. alba	*				
P. collina	*				
P. sexoculata	*		*		
Pogonognathellus flavescens	*		*		
Tomocerus minor	*				
Willowsia nigromaculata	*				
W. mexicana	*				
Sphaeridia pumilis			*		
S. serrata			*		
Sminthurides bifidus	*	*			
S. occultus	*	*			
Arrhopalites benitus			*		
A. caecus	*				
A. diversus	*				
Collophora quadrioculata			*		
Sminthurinus elegans	*		*		
S. latimaculosus			*		
S. quadrimaculatus	*				
Ptenothrix marmorata	*		*		
Sminthurus butcheri			*		
Sphyroteca confusa	*				
Neosminthurus bakeri	*				
N. clavatus			*		
Prorastriopes validentatus	*		*		
Megalothorax minimus			*		
M. incertus	*				
M. tristani			*		
Neelides minutus	*				
Total	88	12	48	7	1
Fuente: elaboración propia.					

son utilizados para los jardines y parques. Los géneros que han sido obtenidos de la composta pertenecen a *Xenylla* y *Ceratophysella* (figura 4) (Hypogastruridae), *Odontella* (Odontellidae), *Brachystomella* (Brachystomellidae), *Folsomia*, *Proisotoma* e *Isotoma* (Isotomidae), *Entomobrya*, *Lepidocyrtus* y *Seira* (Entomobryidae).

Amenazas y conservación

En el mundo han comenzado a proponerse listas de especies de colémbolos en peligro de extinción o en la lista roja (Fjellberg, com. pers.). De la Ciudad de México solamente se puede señalar que algunas especies que fueron citadas de los bosques, principalmente de la familia Neanuridae, no han vuelto a ser encontradas. La principal amenaza es la alteración del ambiente, la tala y quema de los árboles de los bosques que rodean la localidad (Miranda-Rangel *et al.* 1999) y la introducción de especies de otras regiones; sin embargo, no se está llevando a cabo ninguna acción para protegerlos.

Importancia

Los colémbolos juegan un importante papel funcional en los procesos de descomposición de la materia vegetal muerta, del ciclo de nutrimentos, y ayudan en la formación de las características del suelo (Cassagne *et al*. 2003). Son relevantes porque funcionan como alimento de muchos insectos, en particular hormigas y escarabajos, así como de numerosos ácaros depredadores, arañas y algunos vertebrados como aves, ranas y peces (Hopkin 1997).

La mayoría de ellos se alimenta de hongos, esporas o de material vegetal en descomposición en el suelo (mantillo). También hay algunas especies que ingieren gusanos redondos (nemátodos), algunos microorganismos, como los rotíferos, y también a otros colémbolos. Algunas especies de colémbolos son plagas de la alfalfa, hongos, tomate y caña de azúcar (Palacios-Vargas *et al*. 2000). Hay registros inéditos de colémbolos que se alimentan de tejidos en descomposición del agave (*Agave tequilana*) que se utiliza para la producción del tequila, cuando dichas plantas ya han sido atacadas por alguna plaga; además de miles de ejemplares de la familia Onychiuridae alimentándose del apio y otras hortalizas de Xochimilco cuando ya están en franca descomposición. Si bien las poblaciones de los colémbolos pueden ser tan numerosas que invaden las viviendas humanas, los pocos registros que existen sobre sus ataques y daños producidos a la piel humana son erróneos y se trata de casos de parasitosis delirante (Christiansen y Bernard 2008).

Conclusión

Las 114 especies de colémbolos que se han registrado en la Ciudad de México representan 15% de las existentes para México. Sólo se conocen dos endémicas en la entidad: *Brachystomella gabrielae*, de los Humedales de Xochimilco, y *Friesea xitlensis*. La región mejor estudiada y con mayor diversidad es la de Bosques y Cañadas.

La ciudad presenta numerosas especies de los géneros *Xenylla*, *Hypogastrura*, *Ceratophysella*, *Xenylla*, *Protaphorura*, *Mesaphorura*, *Folsomides*, *Folsomina*, *Entomobrya* y *Pseudosinella* que viven en el mantillo, el suelo y troncos en descomposición, con una amplia distribución en distintas zonas; sin embargo, otros parecen estar restringidos a los bosques.

Hemisotoma termophyla, *Folsomina onychiurina*, *Isotomiella minor* e *Isotoma viridis*, todas de la familia Isotomidae, tienen una amplia distribución en muchos ambientes y también han sido citadas en diversos estados de la Faja Volcánica Transmexicana, ocupando una gran diversidad de hábitats.

Las especies registradas en la Ciudad de México en su mayoría son introducidas por las actividades antropogénicas a diversos ambientes naturales, lo que ha hecho que su

distribución sea muy amplia y algunas de ellas (como *Neanura muscorum*) estén desplazando a las poblaciones naturales en detrimento de la diversidad faunística. Dependiendo de los ambientes y de qué tan antropizados se encuentren, se puede usar algunas especies para restablecer los procesos de reciclaje de la materia orgánica y de las condiciones favorables para las plantas.

La principal amenaza del grupo es la deforestación de los ambientes naturales. Algunas especies de colémbolos que viven principalmente en la corteza de los árboles y los troncos en descomposición (y que son importantes para la dispersión de bacterias y hongos que ayudan a la degradación de los mismos) son frágiles y muy sensibles a las alteraciones, como los Neanuridae, que tienden a desaparecer, por lo que tal vez se pueda utilizar a sus especies como indicadores de la calidad de los ecosistemas.

Las especies pertenecientes al género *Proistoma* (Isotomidae) (figura 2) tienen una gran abundancia tanto en ambientes naturales como en parques, jardines y en la composta. Por esa razón, el estudio de dicho género es relevante, para utilizar a sus especies como biorremediadoras en zonas donde las alteraciones ya han eliminado a mucha de la fauna local y empobrecido los suelos.

Agradecimientos

El M. en C. Ricardo Iglesias revisó el manuscrito final y dio importantes sugerencias. La Dra. Blanca Mejía Recamier colaboró en la elaboración de los cuadros y el anexo. Las fotografías fueron tomadas por el personal de Microcine de la Facultad de Ciencias de la UNAM. Parte de los registros de colémbolos en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel se obtuvieron gracias al proyecto PAPIIT-IN208508, *Papel de los microartrópodos del suelo en el desarrollo de niveles tróficos superiores en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel*, financiado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM.

Referencias

Arango-Galván, A., L.Q. Cutz-Pool y Z. Cano-Santana. 2007. Estructura de la comunidad de colémbolos del mantillo de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: riqueza, composición y abundancia relativa. *Entomología Mexicana* 6:397-400.

Bellinger, P.F., K.A. Christiansen y F. Janssens. 1996-2010. Checklist of the Collembola of the World. En <*http://www.collembola.org*>, última consulta: diciembre de 2010.

Cassagne, N., C. Gers y T. Gauquelin. 2003. Relationships between Collembola, soil chemistry and humus types in forest stand (France). *Biology and Ferility of Soils* 37:355-361.

Castaño-Meneses, G. 2005. Catálogo de los colémbolos (Hexapoda: Collembola) de Sian Ka'an, Quintana Roo, México (reseña). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:107-108.

Christiansen, K. A. y E.C. Bernard. 2008. Critique of the article "Collembola (Springtails) (Arthropoda: Hexapoda: Entognatha) found in scrapings from individuals diagnosed with delusory parasitosis". *Entomological News* 119: 537-540.

Delgado de la Selva. E. 2010. *Distribución geográfica de Collembola (Hexapoda: Collembola) en México*. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Hopkin, S.P. 1997. Biology of the springtails (Insecta: Collembola). Oxford University Press, Oxford.

Hopkin, S.P. 1998. Collembola: The most abundant insects on earth. *Antennae* 22:117-121.

Hopkin, S.P. 2002*a*. The biology of the Collembola (Springtails): The abundant insects in the world. En: <*www.fathom.com/feature/122603*>, última consulta: diciembre de 2010.

Hopkin, S.P. 2002*b*. Collembola. Pp. 207-210. En: *Encyclopedia of Soil Science*,

Mejía-Recamier, B.E. y J.G. Palacios-Vargas. 2008. Colémbolos de la composta en el Bordo Poniente de Xochiaca, Estado de México. *Entomología Mexicana* 7:820-824.

Miranda-Rangel, A., H. Cruz-Hipolito y M. Barron-Yanez. 1999. Efecto de un incendio forestal de un bosque de Encino (*Quercus* sp.) en la Colembofauna edáfica. Pp. 629-633. En: *Memorias del* XXXIV *Congreso Nacional de Entomología (Aguascalientes, México)*.

Najt, J. y J.G. Palacios-Vargas. 1986. Nuevos Brachystomellinae de México (Collembola: Neanuridae). *Nouvelle Revue d'Entomologie* (N.S.) 3:457-471.

Palacios-Vargas, J.G. 1981. Note on Collembola of Pedregal de San Ángel, México. *Entomological News* 92:42-44.

Palacios-Vargas, J.G. 1997. Catálogo de los Collembola de México. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

——. 2000. Los colémbolos en los ecosistemas mexicanos. *Biodiversitas* 5:12-15.

Palacios-Vargas, J.G., G. Castaño Meneses y B.E. Mejía Recamier. 2000. Collembola. Pp. 249-273. En: *Biodiversidad, Taxonomía y Biogeografía de Artrópodos de México: Hacia una síntesis de su conocimiento*. Vol. II, UNAM, México.

Palacios-Vargas, J.G. y M.V. Vidal-Acosta. 1994. Nuevas especies de *Friesea* (Collembola: Neanuridae) de reservas biológicas de México. *Southwestern Entomologist* 19:291-299.

Palacios-Vargas, J.G. y V. González. 1995. Two new species of *Deuterosminthurus* (Bourletiellidae), epiphytic Collembola from the Neotropical region with a key for the American species. *Florida Entomologist* 78:19-32.

Palacios-Vargas, J.G., L. Cutz-Pool y D. Estrada Bárcenas. 2004. Actualización de la colección de Collembola de México. Pp. 764-768. XXXIX *Congreso Nacional de Entomología. Resúmenes*. Mazatlán, Sinaloa.

——. 2007. Collembola. pp. 113-126. En: *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. I. Luna, I., J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.). Las Prensas de Ciencias, México.

Crustáceos y miriápodos (Crustacea y Myriapoda)

Zenón Cano Santana
Ariana Romero Mata
Víctor López Gómez

Descripción

Los crustáceos (Subphylum Crustacea) y los miriápodos (Subphylum Myriapoda) conforman, junto con los hexápodos (Subphylum Hexapoda), un grupo de artrópodos que antiguamente era agrupado dentro del Subphylum de los mandibulados (Subphylum Mandibulata), que incluye a insectos, langostinos y ciempiés (Brusca y Brusca 2003, Fernández y Rivas 2012). Como su nombre lo indica, este grupo se caracteriza por tener mandíbulas bien desarrolladas, así como una cabeza más o menos diferenciada al frente del cuerpo, que posee uno o dos pares de antenas.

A diferencia de los hexápodos (que incluye a los insectos), los crustáceos y los miriápodos carecen de alas y tienen más de cuatro pares de patas en su cuerpo. Los crustáceos incluyen organismos como las pulgas de agua, los acociles y las cochinillas, que en conjunto suman 52 000 especies en el mundo (Thorp 2009), en tanto que los miriápodos (Clases Chilopoda, Diplopoda, Pauropoda y Symphyla; p.e., milpiés, ciempiés y sínfilos) incluyen a 16 072 especies (Chapman 2009).

Estos dos grupos de invertebrados cumplen funciones muy importantes en los ecosistemas de la Ciudad de México. Los crustáceos forman parte importante de las redes alimentarias en los ecosistemas acuáticos de la entidad. Existen especies de crustáceos, como las pulgas de agua (*Daphnia pulex* y *D. parvula*; Cladocera, figuras 1*a* y *b*), que sirven de alimento para peces, ranas y ajolotes que se crían en acuarios, casas particulares o laboratorios, por lo que también poseen una importancia económica (Robles 1995, Arboleda 2005). Además, a los crustáceos se les considera bioindicadoras de contaminación por metales pesados (Bermúdez 2010).





Figura 1. Pulga de agua (*Daphnia pulex*): *a*) vista lateral, *b*) vista dorsal. Fotos: Ana Isabel Bieler Antolín.

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata y V. López-Gómez. 2016. Crustáceos y miriápodos (Crustacea y Myriapoda). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol.II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.259-267.

Por su parte, la importancia ecológica de los miriápodos radica en los roles que tienen en las redes alimentarias del suelo. Los ciempiés son depredadores importantes de otros invertebrados, en tanto que los milpiés y los sínfilos desintegran la materia orgánica coadyuvando a la liberación de nutrimentos para hacerlos disponibles a las plantas (Kaestner 1968).

El objetivo de este capítulo fue hacer una revisión de los crustáceos y miriápodos registrados en la Ciudad de México. Para este fin, se hicieron búsquedas en Google Académico, en bibliotecas de la UNAM; Facultad de Ciencias, Instituto de Ecología e Instituto de Biología, en la base de datos del Instituto de Biología de la UNAM (IBUNAM 2012), en CONABIO (2008) y en la biblioteca Ramón Villarreal Pérez de la Universidad Autónoma Metropolitana.

Se consultaron las obras de Llorente y colaboradores (2000, 2002, 2004), el reporte de López-Rojas (2004) sobre la biota de Xochimilco, el trabajo de Villalobos-Hiriart y colaboradores (2007) sobre los crustáceos de la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria, el de Maeda-Martínez y colaboradores (2002) sobre los anostracos, el de Suárez-Morales y colaboradores (2000) sobre los copépodos, el de Bermúdez (2010) sobre las pulgas de agua de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA) y el de Rocha-Ramírez y colaboradores (2009) sobre las cochinillas de México. Para el caso de los miriápodos fueron importantes los trabajos de Bueno-Villegas y colaboradores (2004) sobre milpiés, el de Foddai y colaboradores (2002) sobre ciempiés Geophilomorpha y el de Scheller (2002*b*) sobre sínfilos.

Los crustáceos: pulgas de agua, acociles y cochinillas de la humedad

Los crustáceos son artrópodos que se caracterizan por poseer dos pares de antenas, y apéndices en el cefalotórax y abdomen. Tienen gran afinidad por los ambientes acuáticos, aunque existen pocas especies terrestres altamente dependientes de la humedad (Curtis y Barnes 2006). Este grupo incluye a los cangrejos, jaibas, langostinos, percebes, acociles, artemias, pulgas de agua, pulgas de la arena y cochinillas de la humedad. La mayoría de los crustáceos incuban sus huevos en sus apéndices, en una cámara incubadora dentro de su cuerpo o en un saco externo. Las especies marinas y algunas de agua dulce tienen larvas libres nadadoras. Las especies terrestres, como las cochinillas de la humedad y las pulgas de la arena, incuban a sus larvas en bolsas conocidas como marsupios, de las cuales emergen las pequeñas crías que tienen una morfología idéntica al adulto (Barnes 1990).

En México existen 5 387 especies (CONABIO 2008) y en su capital se reportan 51 (0.9%), entre las cuales se cuentan cuatro especies terrestres (la pulga de la arena *Talitroides topitotum*, y las cochinillas de la humedad *Cylisticus convexus*, *Venezillo cacahuamilpensis* y *Oniscus* sp.) y 47 de agua dulce (apéndice 27). A los crustáceos dulceacuícolas se les registra sobre todo en los humedales de Xochimilco y Tláhuac, aunque pueden vivir en ríos y estanques naturales o artificiales, incluyendo las pozas de la REPSA y su Cantera Oriente, así como en el lago de Chapultepec (Vázquez 1987, López-Rojas 2004, Villalobos-Hiriart *et al.* 2007, Rangel 2009, Bermúdez 2010).

Los crustáceos acuáticos se registran principalmente en las delegaciones Xochimilco (canales y lago), Coyoacán (la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria) y Miguel Hidalgo (lago de Chapultepec), aunque también se hallan en ambientes acuáticos de Álvaro Obregón y Gustavo A. Madero (apéndice 27). El IBUNAM (2012) tiene registros de crustáceos acuáticos también en las delegaciones Tlalpan y Magdalena Contreras.

Las cochinillas de la humedad se encuentran en ambientes terrestres húmedos y ricos en materia vegetal muerta (Hogue 1993) (figura 2), siendo muy abundantes en parques y jardines urbanos (Cano-Santana obs. pers.),

aunque es posible que estén presentes en toda la entidad. Alagón y colaboradores (1988) señalan que las cochinillas del género *Oniscus* son muy abundantes en los jardines de la Ciudad de México, además Álvarez y colaboradores (2000) y López y Masurani (2004) mencionan que el anfípodo terrestre exótico *T. topitotum* (pulga de la arena) se registra en zonas donde se cultivan plantas exóticas, incluyendo eucaliptos, lo que sugiere que ambas especies podrían encontrarse en la región de Parques y Jardines Urbanos.

Es profunda la falta de información sobre la diversidad y distribución de las cochinillas de la humedad en la Ciudad de México, pues es muy probable que en esta entidad se registren más especies. En particular, es posible que esta entidad federativa haya sido invadida al menos por las especies exóticas europeas *Armadillidium vulgare* y *Porcellio scaber*, pues éstas tienen una distribución cosmopolita y ya han sido mencionadas con distribución en América del Norte, América Latina y México (Holthius 1945, Hogue 1993).

Un crustáceo de gran importancia es el acocil *Cambarellus montezumae* (figura 3), ya que desde la época prehispánica ha sido utilizado como alimento por los pobladores de la cuenca de México (Romero *et al.* 1994). Esta especie tiene gran importancia en las redes tróficas pues son depredadores de otros animales invertebrados (principalmente de sus estados larvarios), son consumidores de detrito, raíces, hojas y animales muertos, y presa de animales carnívoros como ajolotes (*Ambystoma mexicanum*), ranas, reptiles y carpas (*Cyprinus carpio*) (Manjarrez 2005, Álvarez y Rangel 2007, Rangel 2009). Este acocil se registra en la categoría preocupación mínima por la IUCN (2011), pues a pesar de tener una amplia distribución en el país y ser dominante en algunas zonas de la capital, como los canales de Cuemanco (delegación Xochimilco) (Álvarez y Rangel 2007), su sobreexplotación



Figura 2. Apariencia de una cochinilla. Foto: Ixchel González-Ramírez y Antar M. Pérez-Botello.

y la presencia de las carpas introducidas pone en peligro su persistencia en esta zona (Hinojosa-Garro y Zambrano 2004).

Los miriápodos: ciempiés y milpiés

El *Subphylum* de los miriápodos (Myriapoda) agrupa cuatro clases de artrópodos terrestres con mandíbulas que tienen un par de antenas y múltiples segmentos posteriores en el que se insertan apéndices generalmente caminadores. Se encuentran los ciempiés, milpiés, sínfilos y paurópodos (Kaestner 1968).

Los ciempiés tienen antenas largas, su primer par de patas tiene forma de mandíbulas (las forcípulas) donde desemboca una glándula de veneno, corren con rapidez y son carnívoros (figura 4); en tanto que los milpiés tienen antenas cortas, dos pares de patas por segmento aparente (pues son dos segmentos fusionados), habitan en el suelo y madera en descomposición, se alimentan de detrito y sus movimientos ambulatorios son lentos (Solomon *et al.* 2001; figura 5). Los sínfilos, también conocidos como ciempiés de jardín, se caracterizan por ser delgados, pequeños (1-8 mm), ciegos y por tener un cuerpo con 10 o 12 pares de patas (Hickman *et al.* 2002, Scheller 2002*b*). Por último, los paurópodos son animales del suelo muy pequeños (0.3 a 1.7 mm), ciegos, con 8 u 11 pares de patas muy parecidos a los ciempiés pero en miniatura, que se distinguen por la presencia de unas grandes placas corporales que le ayudan a eliminar ondulaciones laterales cuando se desplazan (Scheller 2002*a*, Gillott 2005).

En México se tienen 585 especies de miriápodos (CONABIO 2008), de las cuales en la Ciudad de México se registran 33 (5.6%): 16 de milpiés (Clase Diplopoda), 15 de ciempiés (Clase Chilopoda), dos de sínfilos (Clase Symphyla) y ninguna de paurópodos (Clase Pauropoda; véase Scheller 2002a) (apéndice 28). Considerando sólo a los milpiés (figura 5), la ciudad agrupa 3.2% de las 498 especies conocidas en el país, ocupando el lugar número 12 nacional, mientras que las entidades con mayor número de especies son: Veracruz (125), Chiapas (54) y Nuevo León (44) (Bueno-Villegas *et al.* 2004). En cuanto a los sínfilos, la capital tiene 14.3% de



Figura 3. El acocil *Cambarellus montezumae* es un crustáceo acuático que habita en los canales de Xochimilco. Foto: Zenón Cano-Santana.

las 14 especies que hay en México, ocupando el cuarto lugar (junto a Chiapas y Veracruz), por debajo de Baja California, Yucatán y Tamaulipas, que registran cuatro, cuatro y tres especies, respectivamente (Scheller 2002b). Entre los ciempiés, se debe considerar que las nueve especies de geofilomorfos (orden Geophilomorpha) registrados en la entidad son todas endémicas (Foddai *et al.* 2002; véase el apéndice 2). Bueno-Villegas (com. pers. 2012) opina que el registro del milpiés *Julus* sp. en la REPSA por Carrillo-Trueba (1995) es erróneo, ya que el ejemplar que presentan en una fotografía pertenece a otro género taxonómico.

En las casas habitación suelen registrarse escolpendras (*Scolopendra* sp.; grandes ciempiés delgados de color amarillento y patas cortas) y escutigeromorfos (grandes ciempiés de color oscuro y largas patas) (Cano-Santana obs. pers., Castellanos-Vargas com. pers. 2013). En el suelo de jardines y lotes baldíos de la ciudad también se encuentran pequeños ciempiés y milpiés (Cano-Santana obs. pers.). Es muy probable que los miriápodos se distribuyan por toda la entidad; sin embargo, las localidades en las cuales se han registrado especies colectadas e identificadas son sobre todo las ubicadas en las regiones de Parques y Jardines Urbanos, así como en la de Bosques y Cañadas, principalmente en el Desierto de los Leones, y en menor grado en el Pedregal de San Ángel, Santa Rosa, Tacubaya y Chapultepec (apéndice 28). Rueda-Salazar y Cano-Santana (2009) registraron escolopendras y a un milpiés en la REPSA, mientras que Bueno-Villegas y colaboradores (2004) registran a *Mexicoiulus dampfi* en el Desierto de los Leones y a *Paraiulus gyratus* en el Pedregal de San Ángel.

Amenazas

Los crustáceos y miriápodos que habitan en la ciudad han sido afectados negativamente por la fragmentación y la destrucción de sus



Figura 4. Ciempiés. Foto: Marcela Pérez-Escobedo.

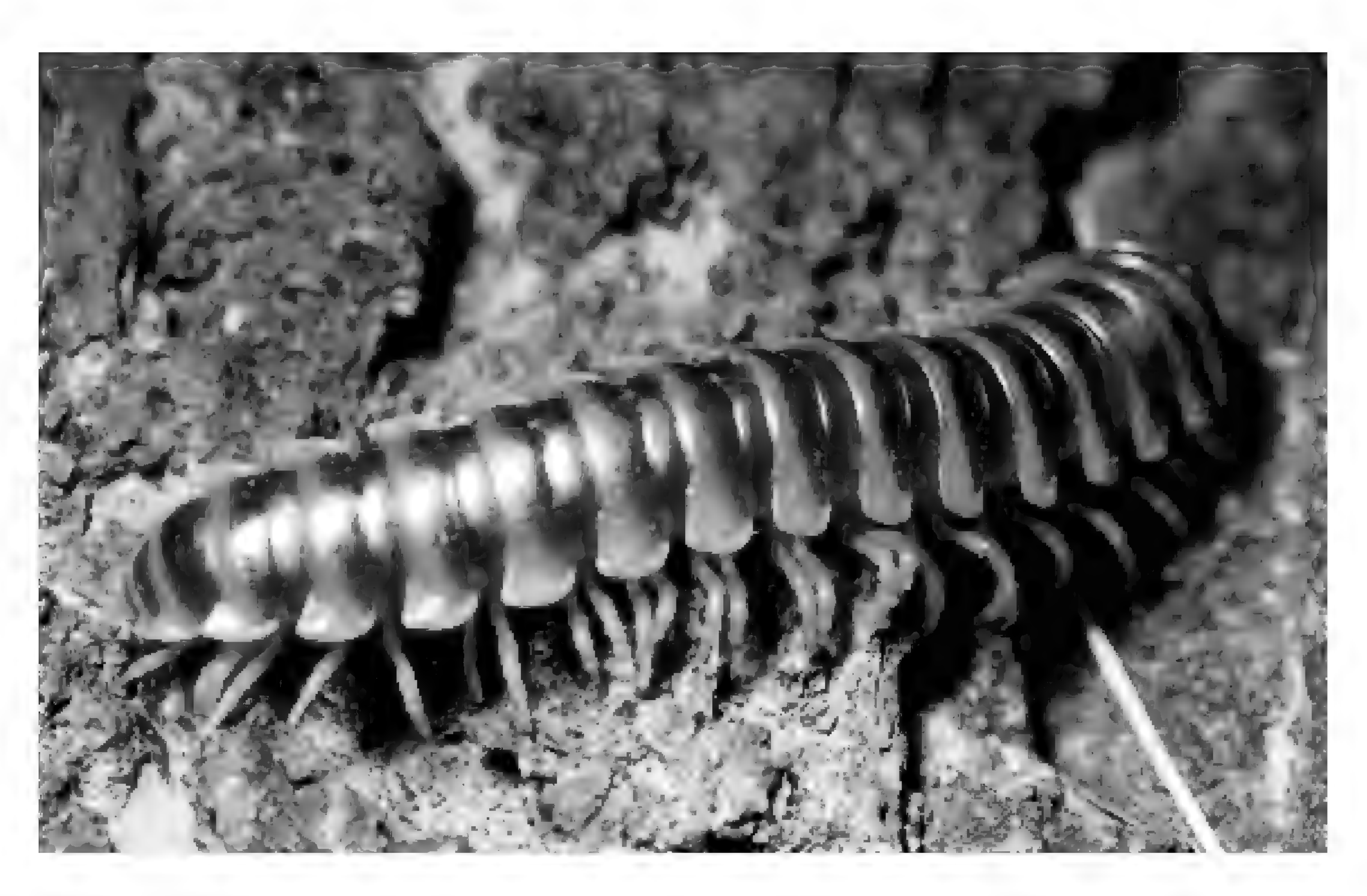


Figura 5. Milpiés. Foto: Ernesto Navarrete.

hábitats (bosques, matorrales, canales, ríos, lagos, campos de cultivo y pastoreo, parques, jardines y baldíos), provocada por la división de los terrenos en fracciones cada vez más pequeñas y aisladas de cuerpos de agua y vegetación, un fenómeno asociado a la construcción de vialidades e infraestructura urbana (Ezcurra *et al.* 2006, Sheinbaum 2008, Naranjo-García y Fahy 2010). La urbanización acelerada de la superficie de la ciudad ha ocasionado que de las áreas verdes, que cubrían 42.4% de la superficie de la entidad en 1950, para el 2005 sólo quedara 9.6% (Ezcurra *et al.* 2006). Por ejemplo, las poblaciones del acocil han disminuido por las modificaciones a su hábitat, la contaminación, la sobrepesca y la introducción de carpas (*Cyprinus carpio*) y tilapias (*Oreochromis* sp.) (Rodríguez-Almaraz y Muñiz-Martínez 2008, Arrendo-Figueroa *et al.* 2011).

Un factor muy importante de pérdida de especies es la desaparición de bosques conservados. Afortunadamente en algunas delegaciones como Miguel Hidalgo, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tlalpan, Milpa Alta, Xochimilco y Tláhuac todavía cuentan con áreas despobladas (INEGI 2005) que pueden llegar a albergar miriápodos y crustáceos terrestres.

Conservación

Ninguna especie de crustáceo o miriápodo registrados en este capítulo está registrada en la NOM-059 (SEMARNAT 2010). Sólo el acocil *C. montezumae* está registrado en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN 2011) en la categoría preocupación mínima. De todos los invertebrados presentes en la ciudad, ésta es la única especie sobre la que se han realizado propuestas para restaurar su hábitat y se ha criado en cautiverio (Robles 1995), ya que su comercialización en mercados populares está mermando a la población, llevándola a una posible extinción en el lago de Xochimilco (Rodríguez-Almaraz y Muñiz-Martínez 2008).

Una estrategia adecuada para conservar a los crustáceos y miriápodos ha sido la política de instaurar áreas naturales protegidas en

muchas delegaciones con la finalidad de conservar la rica biota capitalina, pues con esto se favorece la protección de las especies que aún están pasando desapercibidas para los científicos. Otras políticas adecuadas para la protección de la diversidad de animales invertebrados es la aplicación de instrumentos de protección de áreas verdes urbanas y rurales y la reforestación con plantas nativas de la cuenca del valle de México, tal como ya se ha hecho patente en la *Agenda ambiental de la Ciudad de México* (Sheinbaum 2008).

Los crustáceos y los miriápodos tienen una importancia cultural que fundamenta las acciones enfocadas a su conservación. Los acociles eran consumidos por los aztecas como parte de su dieta diaria (Arredondo-Figueroa *et al.* 2011); además, ellos denominaban "petlazolcoatl" (serpiente como petate viejo) a los ciempiés del género *Scolopendra*, y sus hechiceros los utilizaban en sus prácticas, pues les ordenaban a quién debían de picar (Aguilera 1985), aunque su picadura no es mortal para los humanos.

Conclusión

El conocimiento sobre la distribución de los crustáceos terrestres en la ciudad es reducido y los registros son incompletos (apéndice 27). Se recomienda canalizar esfuerzos para completar el inventario de crustáceos y miriápodos mediante colectas en las sierras de Guadalupe, Santa Catarina y en el Ajusco, así como en las áreas de vegetación natural de Milpa Alta, Tlalpan y Magdalena Contreras. En particular, se necesita aumentar los esfuerzos para colectar paurópodos, de los cuales no se tiene ningún registro (Scheller 2002*a*). Asimismo, resulta necesario completar la lista de cochinillas terrestres en la entidad. Por otro lado, aunque existen avistamientos de ciempiés del orden Scutigeromopha (familia Scutigeridae) en casas habitación de las delegaciones Coyoacán (Cano-Santana obs. pers.) y Tláhuac (Castellanos-Vargas com. pers. 2013), éstos no han sido identificados.

Agradecimientos

Agradecemos al Dr. Julián Bueno-Villegas por revisar la base de datos de los miriápodos, a Iván Castellanos-Vargas su apoyo técnico y al personal bibliotecario de la UAM - Iztapalapa por las facilidades ofrecidas para revisar su material bibliográfico. Daniela A. Troncoso Rodríguez y Fausto H. Martínez Oriol consiguieron las pulgas de agua, y Ana I. Bieler Antolín, Ixchel González-Ramírez, Antar M. Pérez-Botello, Marcela Pérez-Escobedo y Ernesto Navarrete facilitaron el material fotográfico.

Referencias

Aguilera, C. 1985. *Flora y fauna mexicana*. Everest Mexicana, México.

Alagón, A.C., H.S. Guzmán, B.M. Martin, *et al*, 1988. Isolation and characterization of two toxins from the Mexican scorpion *Centruroides limpidus limpidus* Karsch. *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Comparative Biochemistry* 89:153-161.

Álvarez, F.A. y R. Rangel. 2007. Estudio poblacional del acocil *Cambarellus montezumae* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) en Xochimilco, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 78:431-437.

Álvarez, F., I. Winfield y S. Cházaro. 2000. Population study of the landhopper *Talitroides topitotum* (Crustacea: Amphipoda: Talitridae) in Central Mexico. *Journal of Natural History* 34:1619-1624.

Arboleda, D.A. 2005. Calidad del agua y mantenimiento de acuarios. *Revista Electrónica de Veterinaria* 6(8):1-11.

Arredondo-Figueroa, J.L., A. Vázquez-González, L.G. Núñez-García, *et al*. 2011. Aspectos reproductivos del acocil *Cambarellus* (*Cambarellus*) *montezumae* (Crustacea: Decapoda: Cambaridae) en condiciones controladas. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:169-178.

Barnes, R.A. 1990. *Zoología de los invertebrados*. Interamericana, México.

Bermúdez, Y. 2010. *Diversidad del orden Cladocera (Crustacea: Branchiopoda: Phyllopoda) de las pozas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad Universitaria, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Brusca, R.C. y G.J. Brusca 2003. *Invertebrates*. Sinauer, Sunderland.

Bueno-Villegas, J. 2012. Profesor-investigador especializado en la taxonomía de los miriápodos. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo. Comunicación personal, noviembre.

Bueno-Villegas, J., P. Sierwald y J.E. Bond. 2004. Diplopoda. Pp. 569-599. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. IV. J.E. Llorente, J. J. Morrone, O. Yáñez e I. Vargas (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Carrillo-Trueba, C. 1995. *El Pedregal de San Ángel*. UNAM, México.

Castellanos-Vargas, I. 2013. Técnico académico especializado en ecología de insectos de la Facultad de Ciencias, UNAM. Comunicación personal, enero.

Chapman, A.D. 2009. *Numbers of living species in Australia and the world*. Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, Gobierno de Australia, Canberra.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. *Capital natural de México*, vol.I. México.

Curtis, H. y N.S. Barnes. 2006. *Biología*. Panamericana, México.

Ezcurra, E., M. Mazari, I. Pisanty y A.G. Aguilar. 2006. *La cuenca de México*, FCE, México.

Fernández, M.A. y G. Rivas. 2012. *Niveles de organización en animales*. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Foddai, D., L.A. Pereira y A. Minelli. 2002. Geophilomorpha. Pp. 417-428. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, Vol III. J.E. Llorente y J.J. Morrone (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Gillott, C. 2005. *Entomology*. Springer, Dordretch, Holanda.

Hickman, C.P., L.S. Roberts y A. Parson. 2002. *Principios integrales de zoología*. McGraw-Hill Interamericana, Madrid.

Hinojosa-Garro, D. y L. Zambrano. 2004. Interactions of common carp (*Cyprinus carpio*) with benthic crayfish decapods in shallow ponds. *Hydrobiologia* 515:115-122.

Hogue, C.L. 1993. *Latin American insects and entomology*. University of California Press, Berkeley.

Holthius, L.B. 1945. Notes on terrestrial Isopoda collected in Dutch greenhouses. *Zoologische Mededeelingen* 25:43-54.

IBUNAM. Instituto de Biología, UNAM. 2012. Consulta de ejemplares en colecciones biológicas. En: <*http://test.unibio.unam.mx/minero*>, última consulta: julio de 2012.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2005. *Estadísticas del medio ambiente del Distrito Federal y zona metropolitana 2002*. Aguascalientes, Ags.

Kaestner, A. 1968. *Invertebrate zoology*, vol. 2. Wiley, Nueva York.

Llorente, J.E., E. González S. y N. Papavero (eds.). 2000. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*. Hacia una síntesis de su conocimiento, vol. II. CONABIO/UNAM, México.

Llorente, J.E. y J.J. Morrone (eds.). 2002. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. III. CONABIO/UNAM, México.

Llorente, J.E., J.J. Morrone, O. Yáñez e I. Vargas. 2004. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. IV. CONABIO/UNAM, México.

Lopez, L.O. y S. Masunari. 2004. Distribuição de abundância de *Talitroides topitotum* (Burt) (Crustacea, Amphipoda, Talitridae) na área de entorno da Usina Hidroelétrica de Guaratuba, Serra do Mar, Guaratuba, Paraná, Brasil. *Revista Brasileira Zoologia* 21:219-227.

López-Rojas, E. 2004. Catálogo ilustrado de la biota de Xochimilco y análisis de la biota registrada en los últimos cien años. (I) Microbiota e invertebrados. Reporte de Servicio Socia de licenciatuta. UAM-Xochimilco, México.

Maeda-Martínez, A.M., H. Obregón, H. García y M.A. Prieto. 2002. Branchiopoda: Anostraca. Pp. 305-322. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. III. J.E. Llorente y J.J. Morrone (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Manjarrez, J. 2005. Posible invasión de un nicho alimentario nuevo y microevolución en una especie mexicana de serpiente. *Ciencia Ergo Sum* 12:275-281.

Naranjo-García, E. y N.E. Fahy. 2010. The lesser families of Mexican terrestrial molluscs. *American Malacological Bulletin* 28:59-80.

Rangel, C. 2009. *Ecología poblacional de* Cambarellus montezumae *en Xochimilco, México, D.F.* Tesis de Maestría. Instituto de Biología, UNAM, México.

Robles, G.H. 1995. Investigaciones de biotecnología para producir en cautiverio acocil, rana toro y ajolotes. Desarrollo de lotes. Reporte de servicio social de Licenciatura. UAM-Iztapalapa, México.

Rocha-Ramírez. A., F. Álvarez, J. Alcocer, *et al*. 2009. Lista anotada de los isópodos acuáticos epicontinentales de México (Crustacea: Isopoda). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:615-631.

Rodríguez-Almaraz, G. A. y R. Muñiz-Martínez. 2008. Conocimiento de los acociles y langostinos del noreste de México: Amenazas y propuestas de conservación. pp. 167-206. En: *Crustáceos de México: estado actual de su conocimiento.* F. Álvarez y G. A. Rodríguez-Almaraz (eds.). Universidad Autónoma de Nuevo León, Monterrey.

Romero, L., P. Medina, C. Fragoso, *et al.* 1994. *Distrito Federal. Monografía Estatal.* Secretaría de Educación Pública, México.

Rueda-Salazar, A.M. y Z. Cano-Santana. 2009. Artropodofauna. Pp. 171-211. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Scheller, U. 2002*a*. Pauropoda. Pp. 429-432. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. III. J. Llorente y J.J. Morrone (eds.). CONABIO/UNAM, México.

——. Symphyla. Pp. 433-437. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. III. J. Llorente y J.J. Morrone (eds.). CONABIO/UNAM, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sheinbaum, C. 2008. *Problemática ambiental de la Ciudad de México. Diagnóstico y experiencias de gestión 2001-2006*. Limusa, México.

Solomon, E.P., L.R. Berg y D.W. Martin. 2001. *Biología*. McGraw-Hill Interamericana, México.

Suárez-Morales, E., J.W. Reid y R. Gasca. 2000. Copepoda. Pp. 171-190. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. II. J.E. Llorente, E. González y N. Papavero (eds). CONABIO/UNAM, México.

Thorp, J.H. 2009. Arthropoda and related groups. Pp. 50-56. En: *Encyclopedia of insects*. H.V. Resh y R.T. Cardé (eds.). Academic Press, Amsterdam.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza.. 2011. Red list of threatened species. En: <*http://www.iucnredlist.org/*>, última consulta: marzo de 2012.

Vázquez G., L. 1987. *Zoología del Phylum Arthropoda*. Interamericana, México.

Villalobos-Hiriart, J.L., C. Enríquez, A- Botello-Camacho y F. Álvarez-Noguera. 2007. Crustáceos. Pp. 161-168. En: *Guía ilustrada de la Cantera Oriente. Caracterización ambiental e inventario biológico*. A. Lot (ed.). Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, UNAM, México.

Neurópteros, frigáneas, cucarachas, efímeras, dipluros y otros Hexapoda

Zenón Cano Santana
Ariana Romero Mata
Raúl González Salas
Víctor López Gómez
Daniel Torres González

Descripción

Los hexápodos (superclase Hexapoda) son artrópodos mandibulados que se caracterizan por tener un cuerpo divido en tres secciones (cabeza, tórax y abdomen), un par de antenas y tres pares de patas. En el mundo se han descrito 1.55 millones de especies animales, de los cuales 66.3% corresponde a los hexápodos (Zhang 2011). Dentro de los hexápodos, los insectos (clase Insecta) constituyen el grupo más diverso, pues registran 1 millón de especies; en contraste, los proturos, los dipluros y los colémbolos (clases Protura, Diplura y Collembola) acumulan en conjunto 9 074 registros (Zhang 2011). Los insectos se distinguen por tener sus partes bucales fuera de la cabeza y por experimentar una metamorfosis en su ciclo de vida (exceptuando a los tisanuros); asimismo, durante su etapa adulta presentan dos pares de alas bien desarrolladas, por lo que son los únicos invertebrados del planeta que tienen la capacidad de volar.

En este capítulo se revisan todos los hexápodos registrados en la Ciudad de México que no se mencionaron en los capítulos anteriores, con la intención de tener un mejor diagnóstico sobre el estado de conocimiento de los artrópodos de la entidad. Los organismos que se revisan en esta sección son, en orden de importancia por su diversidad en la ciudad, los neurópteros (Neuroptera), las frigáneas (Tricoptera), las cucarachas (Blattodea), las efímeras (Ephemeroptera), los dipluros (Diplura), las tijerillas (Dermaptera), las termitas (Isoptera), los pescaditos de plata (Thysanura), las moscas de las piedras (Plecoptera), los megalópteros (Megaloptera), las mantis (Mantodea), las moscas escorpión (Mecoptera), los insectos palo (Phasmatodea), los estrepsípteros (Strepsiptera), los proturos (Protura), los embiópteros (Embioptera), los rafidiópteros (Raphidioptera) y los zorápteros (Zoraptera; cuadro 1). La mayoría de estos grupos representan distintos órdenes de insectos, exceptuando a los proturos y dipluros, que representan clases independientes de Hexapoda.

Todos estos grupos de hexápodos cumplen funciones muy importantes en los ecosistemas de la ciudad, pues algunos son formadores de suelo (como los dipluros); depredadores (que se alimentan de otros animales vivos, como las mantis y las crisopas); herbívoros (que se alimentan de tejidos vegetales vivos, como los insectos palo); parásitos (que viven a expensas de otros organismos causándoles daño, como los estrepsípteros) y desintegradores de la materia orgánica (como las cucarachas). Asimismo, algunas especies de estos grupos están muy bien adaptadas a la vida en las casas habitación (como los pescaditos de plata) y otras más tienen importancia médica, como algunas cucarachas (Metcalf y Flint 1965, Daly *et al.* 1978, McGavin 2002).

Cano-Santana, Z., A. Romero-Mata, R. González-Salas, V. López-Gómez y D. Torres-González. 2016. Neurópteros, frigáneas, cucarachas, efímeras dipluros y otros Hexapoda. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.268-284.

Para la obtención de información de toda esta variedad de hexápodos fueron muy importantes los libros de Llorente y colaboradores (1996, 2000, 2002, 2004) y la información vertida en la lista de artrópodos de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA; Rueda-Salazar y Cano-Santana 2009), así como el trabajo de Pérez-Ortiz y Hernández-Maturano (1985) sobre artrópodos urbanos asociados a las viviendas de la Ciudad de México; los de Palacios-Vargas (2000*a*, *b*) sobre dipluros y tisanuros; el de Randolph y McCafferty (2000) sobre efímeras; el de Estrada-Álvarez (2013) sobre cucarachas; el de Méndez y Equihua (2001) sobre termitas; el de Baumann y Kondratieff (1996) sobre moscas de las piedras; el de Bueno-Soria *et al.* (2007) sobre tricópteros; el de Contreras-Ramos (2000) sobre megalópteros, y el de Contreras-Ramos *et al.* (2008) sobre neurópteros.

Se debe considerar que es muy probable que esta información esté incompleta tanto desde el punto de vista bibliográfico como de investigación de campo; sin embargo, los autores decidimos hacer un esfuerzo conjunto para dar a conocer un acercamiento preliminar del estado de conocimiento de todos estos grupos.

Hexápodos sin registros

A pesar de haber hecho una búsqueda activa sobre ellos, no se encontraron registros de insectos de los órdenes Raphidioptera (véase Aspök y Aspök 1996), Embioptera (véase Szumik 2002) ni Zoraptera (Engel 2004; cuadro 1)

Cuadro 1. Número de especies en el mundo, en México y en la Ciudad de México de los 18 grupos de hexápodos revisados en este capítulo.

Grupo taxonómico	Nombres comunes o ejemplos	Mundo[1]	México	Ciudad de México
Proturos	Proturos	804	17[2]	1
Dipluros	Dipluros	800	48[3]	6
Tisanuros[4]	Pescaditos de plata	1074	50[5]	4
Efemerópteros	Efímeras	3240	150[6]	7
Plecópteros	Moscas de las piedras	3788	47[7]	3
Blatodeos	Cucarachas	4489	156[8]	16
Isópteros	Termitas	2692	80[9]	5
Mantodeos	Mantis	2400	61[9]	1
Dermápteros	Tijerillas	1978	52[9]	5
Fasmatodeos	Insectos palo	3029	62[10]	1
Embiópteros	Embiópteros	464	37[11]	0[11]
Zorápteros	Zorápteros	37	1[12]	0[12]
Megalópteros	Megalópteros	354	13[13]	2
Neurópteros	Crisopas	5868	349[14]	27
Estrepsípteros	Estrepsípteros	609	17[15]	1
Mecópteros	Moscas escorpión	757	47[16]	1
Rafidiópteros	Rafidiópteros	254	14[17]	0[17]
Tricópteros	Frigáneas	14999	465[18]	17
Total		47636	1666	97

Fuente: elaboración propia. La clasificación de los hexápodos está basada parcialmente en McGavin (2002). [1]Zhang (2011). [2]Palacios-Vargas y Figueroa (2014). [3]Palacios-Vargas y García-Gómez (2014). [4]Incluye arqueognatos y zigentómidos. [5]Palacios-Vargas (2000b). [6]McCafferty (2011). [7]Baumann y Kondratieff (1996). [8]Estrada-Álvarez (2013). [9]Este estudio (ver texto). [10]U. López-Mora (en prep.). [11]Szumik (2002). [12]Engel (2004). [13]Contreras-Ramos (2000). [14]Contreras-Ramos y Rosas (2011a). [15]Kathirithambi y Hughes (2006). [16]Contreras-Ramos *et al.* (2014). [17]Contreras-Ramos y Rosas (2014*b*) [18]CNO (2016).

en la entidad. A continuación se describen los rasgos más importantes de cada uno de los 15 grupos de hexápodos que registran al menos una especie en la entidad.

Los proturos

Los proturos (clase Protura) son minúsculos y raros hexápodos ciegos y sin antenas de menos de 2.0 mm que usan el primer par de patas como órganos sensoriales, no presentan metamorfosis y viven en el suelo, mantillo y entre los musgos, así como bajo la corteza y en madera podrida, donde se alimentan de esporas de hongos, bacterias y líquidos de materia en descomposición (Borror *et al.* 1992, Palacios-Vargas y Figueroa 2014). En la entidad se reporta una sola especie (*Acerentulus christensoni*) que representa el 5.9% de las 17 que se registran en el país, por lo que ocupa el quinto lugar del país, por debajo de Veracruz (con siete especies), y Jalisco, Morelos y Puebla (con dos cada uno; Palacios-Vargas y Figueroa 2014).

Los dipluros

Los dipluros (clase Diplura) son pequeños hexápodos de menos de 7 mm que carecen de alas, son ciegos y tienen colores pálidos. Son organismos que no experimentan metamorfosis y se caracterizan por tener antenas muy largas y dos "colas" terminales (conocidas como cercos) que pueden ser cortas, usadas para la defensa y captura de presas (como los fórceps de las tijerillas), o muy largas y sensoriales (Borror *et al.* 1992; figura 1). Viven en ambientes húmedos como cuevas, suelo, troncos caídos, rocas, mantillo y bajo la corteza de los árboles. En los ecosistemas que habitan cumplen las funciones de depredadores y desintegradores de materia vegetal (Daly *et al.* 1978). En la entidad se han registrado seis especies, lo que corresponde a 12.5% de las 48 que se conocen en el país (Palacios-Vargas y García-Gómez 2014). La Ciudad de México ocupa el tercer lugar por el número de especies conocidas de dipluros, sólo por debajo de Veracruz (22) y Morelos (ocho; Palacios-Var-



Figura 1. Aspecto de un dipluro (clase Diplura). Foto: Rodrigo Lopes Ferreira.

gas y García-Gómez 2014). Respecto a su distribución, sólo se sabe que *Hemicampa bolivari* ha sido colectada en San Ángel (Palacios-Vargas 2000*a*).

Pescaditos de plata

Los tisanuros (orden Thysanura) son insectos sin alas de menos de 15 mm (muchos de ellos cubiertos de escamas) que se caracterizan por tener tres "colas" terminales sensoriales (dos cercos y un apéndice central conocido como paracerco) y largas antenas, son hábiles corredores y saltadores y carecen de metamorfosis (Borror y White 1970; figura 2). Algunos autores separan a los Thysanura en dos órdenes distintos: Archaeognatha (arqueognatos o "brincapiedras") y Zygentoma (zigentómidos o verdaderos pescaditos de plata; Palacios-Vargas 2000*b*). En la entidad se registran cuatro especies, todas ellas del grupo Zygentoma (apéndice 29). Estas especies representan 11.1% de las 36 de Zygentoma del país y 8.0% de las 50 de Thysanura registradas en México (Palacios-Vargas 2000*b*). Debido a esta riqueza de tisanuros, la entidad ocupa el séptimo lugar, por debajo de Guerrero (16 especies), Veracruz (seis) y Morelos (seis; Palacios-Vargas 2000*b*).

Mientras que los arqueognatos se alimentan de líquenes, algas, detrito vegetal (tejidos muertos) y artrópodos muertos, los zigentómidos son omnívoros (comen de muchas fuentes de alimento; Daly *et al.* 1978). *Lepisma saccharina* es una especie presente en las casas habitación de la ciudad, tiene hábitos nocturnos y vive en despensas, archivos y estantes con libros, pues se alimentan de pegamento (cola), el barniz del papel y del papel, por lo que pueden dañar documentos y bibliotecas (Palacios-Vargas 2000*b*). *Anelpistina anophtalma* y *A. boneti* se registraron en el Pedregal de San Ángel, en tanto que *Ctenolepisma longicaudata* fue colectada en Tacubaya (Palacios-Vargas 2000*b*), ambas localidades ubicadas en la región de Parques y Jardines Urbanos (PYJU).

Efímeras

Las efímeras, efémeras, cachipollas o moscas de mayo (orden Ephemeroptera) son insectos alados que tienen entre 3 y 34 mm, que se caracterizan por tener alas delanteras en forma de triángulo con muchas nervaduras y mucho más grandes que las traseras, antenas muy pequeñas y dos largas colas terminales (Borror y White 1970, McGavin 2002). Registran una metamorfosis incompleta, pues experimentan tres etapas de desarrollo: huevo, náyade (una ninfa acuática) y adulto (Vázquez 1987), por lo que viven asociadas a cuerpos de agua. Tres aspectos interesantes de estos insectos son los siguientes: *a*) los adultos viven



Figura 2. Pescadito de plata no identificado (Insecta: Thysanura/Zygentoma) encontrado en una casa habitación de Culhuacán, delegación Coyoacán. Foto: Víctor López-Gómez.

muy poco tiempo (entre uno y dos días), de ahí su nombre; *b*) los adultos emergen en masa formando grandes enjambres, y *c*) son los únicos insectos que mudan después de haber desarrollado completamente sus alas (Borror y White 1970).

Su importancia radica en que constituyen un eslabón clave en las cadenas tróficas de los ecosistemas dulceacuícolas ya que son alimento de muchos organismos, sobre todo de peces. Por esta razón, los pescadores usan carnadas que imitan a las náyades y los adultos de estos insectos (Borror y White 1970, McGavin 2002). Aunque los adultos no se alimentan, las náyades de algunas especies son detritívoras (se alimentan de tejidos muertos en descomposición), otras son herbívoras y otras pocas son depredadoras. Además, como muchas de sus especies no soportan la contaminación, son útiles indicadores de la calidad del agua (McGavin 2002).

En la entidad se han registrado siete especies (apéndice 29) que representan 4.7% de las 150 especies registradas en el país (McCafferty 2011). La Ciudad de México ocupa el vigésimo segundo lugar nacional respecto al número de especies de este grupo, junto a Michoacán y Tabasco, y muy por debajo de Veracruz (50), Chihuahua (42) y Chiapas (39; basado en datos de McCafferty 2011). Entre las especies registradas en la entidad se encuentra *Thraulodes eccentricus*, que es endémica de México, y *Callibaetis undatus*, posiblemente una especie endémica de la ciudad capital (Randolph y McCafferty 2000).

No hay muchos datos sobre su distribución en la ciudad, pero éstos tienen el potencial de registrarse en ambientes que mantienen cuerpos de agua. En particular, *Baetis magnus* y *B. tricaudatus* se han colectado en el Desierto de los Leones, en la región de Bosques y Cañadas (BYC; Lugo-Ortiz y McCafferty 1996). La pérdida de hábitats acuáticos provoca la reducción y la desaparición de las poblaciones de efímeras en la región de PYJU. Por ejemplo, con la urbanización y reducción del caudal del río que corre por las Fuentes Brotantes no se han registrado explosiones poblacionales de efímeras en esa zona de Tlalpan desde principios de la década de 1970 (Martínez-Sánchez com. pers. 2012).

Moscas de las piedras

Las moscas de las piedras (orden Plecoptera) son insectos alados de vuelo débil, con un cuerpo suave de 3 a 48 mm de largo y metamorfosis incompleta, sus alas son membranosas y las mantienen en reposo plegadas en el dorso; sus ojos son saltones y tienen largas antenas y cercos (Borror y White 1970, McGavin 2002). Están asociadas a cuerpos de agua debido a que sus ninfas son acuáticas (náyades), éstas son detritívoras o depredadoras, por lo que son importantes en el ciclaje de nutrientes de los ecosistemas dulceacuícolas en donde viven (Baumann y Kondratieff 1996) y han sido utilizados como alimento para peces (Borror y White 1970).

La entidad registra tres especies de moscas de las piedras: *Amphinemura mexicana*, *A. venusta* y *Anacroneuria litura*, que representa 4.3% de las 47 especies que se registran en el país (Baumann y Kondratieff 1996). Por su riqueza de plecópteros, la Ciudad de México ocupa el noveno lugar nacional, junto con Durango, Hidalgo, Estado de México, Morelos, Oaxaca y San Luis Potosí, pero por debajo de Chihuahua (11), Baja California (10) y Chiapas (8; basado en datos de Baumann y Kondratieff 1996). De lo pocos datos que hay sobre su distribución, Sargent *et al.* (1991) mencionan que *A. mexicana* y *A. venusta* habitan en las zonas montañosas alrededor de la ciudad, posiblemente en la región de BYC.

Cucarachas

Las cucarachas (orden Blattodea) son hábiles y veloces insectos corredores, de cuerpo ovalado y aplanado, de entre 1.2 y 3.8 cm de largo, cuyas alas anteriores están endureci-

das (por lo que se dice que son del tipo tegmina, como las de los grillos y langostas; McGavin 2002). Su metamorfosis es incompleta y sus ninfas son terrestres.

Algunas especies viven en zonas urbanas donde se concentran desechos orgánicos o productos alimenticios, como casas habitación, mercados, basureros, restaurantes y otros expendios de comidas, así como en los ecosistemas naturales. Sólo 1% de las especies que hay en el mundo tiene importancia médica por convivir con los humanos, ya que provocan alergias y son portadoras de virus, bacterias, protozoarios y lombrices intestinales que ocasionan enfermedades como el cólera, lepra, disentería y tifoidea. Sin embargo, la inmensa mayoría son especies inofensivas de vida libre que se alimentan de materia orgánica, generalmente en proceso de descomposición, aunque algunas especies son depredadoras, herbívoras o se alimentan de madera (Metcalf y Flint 1965, McGavin 2002).

En la entidad se han registrado 16 especies de cucarachas agrupadas en cinco familias que representan 10.3% de las 156 especies que se han registrado en el país (Estrada-Álvarez 2013). Por su riqueza de blatodeos, la Ciudad de México ocupa el tercer lugar nacional, sólo por debajo de Veracruz (71) y Sinaloa (23; Estrada-Álvarez 2013). Seis especies viven en casas habitación de las zonas urbanas, entre las que se encuentran la cucaracha germánica (*Blatella germanica*), la cucaracha americana (*Periplaneta americana*; figura 3) y la cucaracha oriental (*Blatta orientalis*; Pérez-Ortiz y Hernández-Maturano 1985, Estrada-Álvarez y Guadarrama 2012), las cuales tienen el estatus de ser dañinas para la salud humana. *Homoeogamia mexicana*, en particular, ha sido colectada en Tacubaya y en Azcapotzalco y *Blatella germanica* en la Delegación Venustiano Carranza (Estrada-Álvarez 2013), en tanto que una especie del género *Blatta* vive dentro de los zacatones (*Muhlenbergia robusta*) de la REPSA (Blanco-Becerril 2009, López-Gómez *et al.* 2009, Blanco-Becerril *et al.* 2010), en los cuales pueden vivir en promedio 3.5 individuos por planta (Ayala-Palma 2010). Las cucarachas también viven entre la vegetación y el mantillo de la REPSA, entre las que se encuentra una especie no identificada de este tipo de insectos que es muy abundante (Ríos-Casanova 1993).

Se calcula que en Zona Metropolitana de la entidad habitan 180 mil millones de estos in-



Figura 3. La cucaracha *Periplaneta americana* (Insecta: orden Blattodea). Foto: Víctor Hugo Luja/Banco de imágenes CONABIO.

sectos, por lo que constituyen un problema de salud importante para sus habitantes (Aldaz 2010). Por ejemplo, se ha detectado que en los pacientes menores de 18 años que sufren alergias en la ciudad, 1.3% son causadas por el contacto con cucarachas (López 1999). Por lo anterior, es posible que estos insectos estén presentes por toda la entidad; sin embargo, los ejemplares colectados y observados se concentran en la región de PYJU.

Hasta el momento hay pocos estudios sobre las cucarachas que viven en los hábitats naturales, ya que la mayoría de ellos se enfoca en estudiarlas como problema de salud. Es muy importante que se incremente el estudio de estos organismos en este tipo de ambientes; ya que permitirá completar el conocimiento del acervo biótico del país y entender su papel en la dinámica de los ecosistemas.

Termitas

Las termitas, termes o comejenes (orden Isoptera) son insectos sociales que tienen un cuerpo blando de entre 3 y 20 mm, partes bucales masticadoras, antenas cortas (figura 4) y una metamorfosis incompleta con ninfas terrestres, las cuales están organizadas en sociedades que mantienen diferentes castas, como son: las obreras, los soldados, los reproductores primarios (reinas y reyes) y los reproductores secundarios (machos y hembras que sustituyen a la reina y a los reyes si éstos mueren; McGavin 2002). Sólo los reproductores primarios tienen alas para su dispersión (que se desprenden después del vuelo nupcial) y son los que seleccionan el sitio en el que se construirá el nido.

Dado que las termitas se alimentan de madera, troncos y otras materias vegetales tienen un efecto ambivalente: suelen destruir las construcciones y enseres hechos de este material (muebles, construcciones y libros), y por otra parte ayudan a degradar los troncos de los árboles en los bosques haciendo posible el reciclaje de nutrimentos, aunque también se alimentan de hongos (Metcalf y Flint 1965, Borror y White 1970). Para poder degradar la madera, las termitas mantienen una relación estrecha con microbios intestinales (bacterias, levaduras y protozoarios) que les permiten degradar celulosa. Este tipo de digestión es importante porque provoca emisiones significativas de metano a la atmósfera, un gas que favorece el efecto invernadero (Méndez y Equihua 2001, Chapin *et al*. 2011).

En la entidad se registran cinco especies de termitas, lo que representa 6.2% de las 80 especies que se han descrito en el país, considerando las 79 especies que registraron Méndez y Equihua (2001) y la especie exótica *Coptotermes gestroi* (= *C. havilandi*) registrada en Colima y la Ciudad de México (Ferraz y Méndez 2004). Esto implica que la entidad ocupa el lugar número 13 (junto a Tamaulipas, Baja California Sur y Sonora) por su riqueza de especies de termitas; por debajo de Jalisco (35), Colima (27) y Veracruz (17), que son las entidades más diversas (Méndez y Equihua 2001). No tuvimos acceso a datos sobre la distribución de estos insectos, pero han sido vistas en casas habitación de las delegaciones Benito Juárez, Coyoacán y Tláhuac, así como en zonas rurales de Tláhuac y Xochimilco (Cano-Santana obs. pers., Castellanos-Vargas com. pers. 2013). Por lo anterior, es posible que las termitas se distribuyan en los PYJU y en los humedales de Xochimilco y Tláhuac (HXYT).

Mantis

Las mantis, campamochas o santateresas (orden Mantodea) son insectos de entre 8 y 150 mm de longitud, con una cabeza triangular móvil, grandes ojos y un par de patas delanteras en forma de guadaña que utilizan para capturar a su presas, a las cuales mantiene en reposo la mayor parte del tiempo, como si estuvieran orando (McGavin 2002, figura 5). Son insectos depredadores muy vistosos de color verde o café y metamorfosis incompleta con ninfas terrestres.

En la Ciudad de México sólo se conoce una especie, *Mantis* sp., registrada en la REPSA



Figura 4. Aspecto de unas termitas (orden Isoptera). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 5. Aspecto de *Mantis religiosa* (Insecta: orden Mantodea). Foto: Eli García Padilla/ Banco de imágenes CONABIO.

(Rueda-Salazar y Cano-Santana 2009), dentro de la región de PYJU, en donde más bien es una especie rara. Esta especie representa 1.6% de las 61 especies reportadas para el país (60 registradas por Battiston *et al.* 2005 más la especie mencionada aquí). Hay muy pocos estudios de este grupo en el país, por lo que se requiere realizar más estudios a nivel nacional y local.

Tijerillas

Las tijerillas o tijeretas (orden Dermaptera) son insectos alargados, omnívoros o carnívoros, ligeramente aplanados, que miden de 5 a 54 mm. Se caracterizan por tener un par de colas terminales semejantes a fórceps, pinzas o tijeras (figura 6); viven en hábitats húmedos en el suelo, en la materia orgánica en descomposición o bajo la corteza de los árboles (McGavin 2002). A veces constituyen plagas de cultivos, pero otras se alimentan de insectos plaga de los frutales (McGavin 2002). Sus pinzas son rectas en las hembras y curvadas en los machos, las cuales se usan para la defensa, la captura de presas y el cortejo. Su metamorfosis es incompleta y sus ninfas son terrestres; su primer par de alas está muy endurecido (de tipo élitro como las de los escarabajos), mientras el segundo par es membranoso.

En la entidad se han registrado cinco especies, cuatro de ellas en casas habitación: *Doru lineare*, *Labidura riparia*, *Euborellia annulipes* y *Marava pulchella* (Pérez-Ortiz y Hernández-Maturano 1985) y una en el Desierto de los Leones (*Metresura pygmaea*). Mayorga y Torres (2007) registran una tijerilla no identificada de la familia Forficulidae en la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria. También se registran tijerillas *Forficulidae* en uno de de cada dos nidos del gusano de bolsa *Malacosoma incurvum*, una voraz oruga comedora de hojas de los ahuejotes (*Salix bonplandiana*) en las chinampas de Xochimilco (Tagle-Villalpando en prep.); en tanto que en las décadas de 1960 y 1970 las tijerillas eran muy abundantes en basureros al aire libre que se concentraban en el extremo norte del Pedregal de San Ángel en la delegación Coyoacán (Cano-Santana, obs. pers.). Por los datos anteriores, se sabe que las tijerillas



Figura 6. Aspecto de una tijerilla (Insecta: orden Dermaptera: del género Forficula). Foto: Carlos Eduardo Obregón Vázquez/ Banco de imágenes CONABIO.

han sido colectadas y observadas en las regiones PYJU, BYC Y HXYT.

Las cinco especies identificadas representan 9.6% de las 52 especies que se registran en el país (51 registradas por Sakai 2004 más *M. pulchella*, registrada por Pérez-Ortiz y Hernández-Maturano 1985). Por el número de especies de tijerillas, la entidadocupa el segundo lugar nacional, junto con Morelos, Puebla y Sinaloa, pero muy por debajo de Veracruz, que cuenta con 25 especies (Pérez-Ortiz y Hernández-Maturano 1985, Sakai 2004).

Insectos palo

Los insectos palo, fásmidos o fasmatodeos (orden Phasmatodea o Phasmida) son insectos de entre 1 y 10 cm de longitud que se caracterizan por tener un cuerpo, patas y antenas muy alargados y delgados que asemejan tallos de plantas, de ahí su nombre (Borror y White 1970; figura 9), aunque algunas especies del sureste asiático, Nueva Guinea y Australia asemejan hojas (McGavin 2002). Tienen una metamorfosis incompleta, tienen movimientos lentos y se alimentan de plantas, aunque nunca llegan a alcanzar el estatus de plaga.

La característica más sobresaliente de este grupo es que son difíciles de ver por su gran parecido a la vegetación: sus huevos asemejan semillas y a veces los adultos se mueven al ritmo de los tallos movidos por el viento de las plantas que están a su alrededor (McGavin 2002). Hay muy pocos estudios de fásmidos en México, por lo cual se han registrado pocas especies.

En la Ciudad de México se ha registrado solamente a la especie *Pseudosermyle tridens* en la REPSA (Rueda-Salazar y Cano-Santana 2009, figura 7), por lo cual esta entidad mantiene a 1.6% de las 62 especies registradas en el país (López-Mora en prep.).

Megalópteros

Los megalópteros (orden Megaloptera) son insectos de 10 a 15 mm de longitud, con alas muy membranosas, que cubren su cuerpo en forma de tejado; presentan largas antenas, grandes ojos y los machos tienen mandíbulas muy grandes, pero son inofensivos.



Figura 7. El insecto palo *Pseudosermyle tridens* (orden Phasmatodea) en la Reserva del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. Foto: Ixchel S. González-Ramírez y Antar M. Pérez-Botello.

Su metamorfosis es completa (pues pasa por las etapas de huevo, larva, pupa y adulto) y sus larvas son acuáticas, por lo que viven cerca de cuerpos de agua, en tanto que sus pupas viven en el suelo (McGavin 2002). Sus larvas, con prominentes mandíbulas, tienen hábitos depredadores y en México sólo viven en cuerpos de agua dulce limpios, por lo que han sido consideradas como organismos indicadores de la calidad del agua. Es posible que los adultos no se alimenten en vida libre, aunque en laboratorio suelen consumir líquidos dulces (Contreras-Ramos 2000). Su importancia radica en que son una fuente de control biológico de algunos insectos acuáticos.

En la Ciudad de México se registran dos especies, *Corydalus texanus* y *Platyneuromus soror*, lo que representa 15% de las 13 especies que se reconocen en el país, por lo cual ocupa el décimo cuarto lugar por su riqueza, junto a seis estados que también registran dos especies y por debajo de Chiapas (8), Veracruz (8) y Oaxaca (6; Contreras-Ramos 2000). Contreras-Ramos (2007) menciona que los registros de megalópteros son antiguos y se desconoce si estas especies siguen presentes o han desaparecido de la entidad.

Neurópteros: crisopas y hormigas león

Los neurópteros (orden Neuroptera) son insectos masticadores de alas grandes con muchas venas dispuestas en una compleja red, largas antenas, con una metamorfosis completa y son generalmente depredadores, aunque también comen polen, néctar y melaza de los homópteros (Borror y White 1970, McGavin 2002, figura 8). Dentro de este orden se encuentran los insectos conocidos como crisopas (familia Chrysopidae) y las hormigas león (larvas de neurópteros de la familia Myrmeleontidae).

En México se registran 349 especies (Contreras-Ramos y Rosas 2014*a*) y en la Ciudad de México se han registrado 27, lo que representa 7.7% (cuadro 1); siendo la familia Chrysopidae la más rica en especies, con 18 (apéndice 29). Por este número de especies, la entidad ocupa el lugar número 16, junto a Morelos y Nuevo León, muy por debajo de Veracruz (76), Baja California Sur (75) y Sonora (72; Oswald *et al.* 2002).

Sus larvas también son depredadoras con diversos hábitos de cacería: unas tienen patas largas que optimizan la captura de las presas, otras se adhieren con ventosas a las hojas para colgarse y otras, como las hormigas león, construyen hoyos en el suelo, en donde esperan a sus presas con sus mandíbulas hacia arriba (McGavin 2002).

La importancia de los neurópteros radica en que son eficientes depredadores de insectos fitófagos (animales que se alimentan de plantas), entre los que se pueden mencionar a los ácaros, los pulgones e insectos escama. Varias especies de crisopas se han criado para utilizarlas con éxito como agentes de control biológico contra plagas agrícolas (Valencia *et al.* 2006).

No hay datos detallados sobre su distribución en la Ciudad de México, pero es posible que se encuentren en todo su territorio, pues los insectos que constituyen su alimento están también ampliamente distribuidos. Se tienen datos de *Chrysopa nigricornis* y *Plesiochrysa* sp. en áreas verdes de la zona urbana (González y Cervantes 2008), de *Chrysoperla* spp. en la REPSA (*C. carnea*; Rueda-Salazar y Cano-Santana 2009) y en un cultivo de hierbabuena en Tulyehualco (López-Rosas 2009). *Climacia californica*, por su parte, ha sido colectada en Xochimilco (Montserrat 2005). Banks (1948) registra la presencia de *Meleoma tezcucana*, *M. hageni*, *M. colhuaca* y *Eremochrysa punctinervis* en Lomas de Chapultepec, así como a *M. nahoa* en La Venta y a *Chrysoperla comanche* y *Climacia californica* en San Joaquín, ubicadas en la delegación Cuajimalpa. Lo anterior sugiere que los neurópteros se distribuyen en las regiones PYJU, BYC, HXY, Serranías de Xochimilco y Milpa Alta.

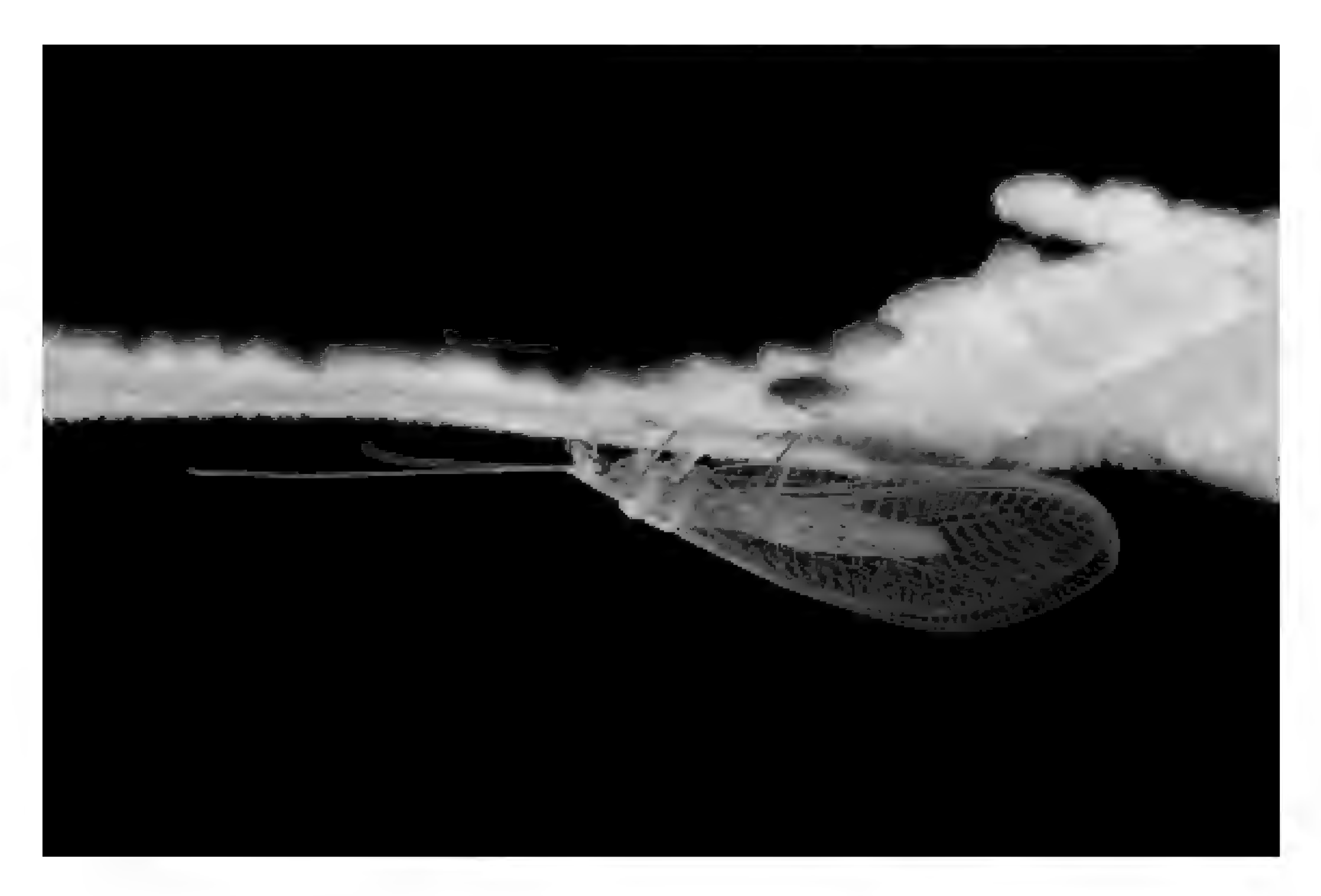


Figura 8. Aspecto de un neuróptero (Insecta: orden Neuroptera). Foto: Ernesto Navarrete.

Estrepsípteros

Los estrepsípteros (orden Strepsiptera) son insectos de 0.4 a 35 mm, con metamorfosis completa, que parasitan a otros insectos (tisanuros, cucarachas, mantis, ortópteros, heterópteros, homópteros, dípteros e himenópteros). Presentan diferencias morfológicas entre sexos: las hembras, que viven sin moverse dentro del hospedero, tienen aspecto de gusanos, pues carecen de ojos, antenas, partes bucales, patas, alas y genitales externos; mientras que los machos son de vida libre, tienen un cuerpo de color oscuro, ojos prominentes, antenas ramificadas, patas bien desarrolladas, un par de alas delantero reducido y un par posterior bien desarrollado y sin venaciones (McGavin 2002). Su importancia radica en que pueden controlar ciertas plagas, tal como es el caso del estrepsítero *Halictophagus naulti*, que regula las poblaciones de la chicharrita del maíz *Dalbulus maidis* (Cicadellidae; Kathirithamby y Moya-Raygoza 2000, McGavin 2002).

En la entidad se ha registrado una sola especie, *Halictophagus acutus*, que parasita homópteros de la familia Cicadellidae, la cual fue registrada en Azcapotzalco (Kathirithamby y Hughes 2006), en la región de PYJU. Esta especie representa 5.9% de las 17 que se registran en México, las cuales sólo han sido reportadas en 10 entidades federativas del país. Por su riqueza de estrepsípteros, la Ciudad de México ocupa el tercer lugar, junto a siete entidades federativas que también registran una especie, y por debajo de Veracruz (7) y Guerrero (2; Kathirithamby y Hughes 2006).

Moscas escorpión

Las moscas escorpión (orden Mecoptera) son insectos de metamorfosis completa que tienen un tamaño de entre 3 y 28 mm, alas membranosas y largas antenas. Se caracterizan por tener un rostro alargado y porque en algunas especies los machos tienen el abdomen curvado hacia atrás como los alacranes, pero son inofensivos, pues no muerden ni

tienen veneno. La mayoría de las especies son depredadoras, pero hay omnívoras, herbívoras y carroñeras, y generalmente se les encuentra en zonas boscosas densas (Borror y White 1970, McGavin 2002).

En la Ciudad de México se registra sólo una especie (*Panorpa azteca*), lo que representa 2.1% de las 47 especies registradas para México (Contreras-Ramos *et al.* 2014). La ciudad es una de las 22 entidades federativas en las que se han colectado moscas escorpión y por su riqueza de este tipo de insectos ocupa el décimo cuarto lugar junto a ocho estados, por debajo de Oaxaca (con ocho espeies) y Puebla (siete; Contreras-Ramos *et al.* 2014)

Frigáneas

Los tricópteros o frigáneas (orden Trichoptera) son insectos nocturnos, parecidos a polillas, que tienen pelos o escamas en su cuerpo, con patas y antenas delgadas y un aparato bucal masticador poco desarrollado (Borror y White 1970, McGavin 2002). Realizan una metamorfosis completa, las larvas viven dentro de estuches portátiles que ellas mismas construyen a manera de refugio con una gran diversidad de materiales que encuentran, como granos de arena, pequeñas piedras, conchas, hojas y palitos, los cuales pegan entre sí con seda o con sustancias pegajosas.

Los adultos pueden no comer, o bien, lamen polen y néctar debido a que sus mandíbulas están poco desarrolladas, en tanto que las larvas en su mayoría son herbívoras, aunque en algunas especies éstas son depredadoras. Viven asociados a cuerpos de agua debido a que sus larvas son acuáticas (Borror y White 1970), y forman parte importante de las redes tróficas de este tipo de ecosistemas, pues constituyen el alimento de peces (McGavin 2002).

En la Ciudad de México se registran 17 especies de tricópteros agrupadas en ocho familias, siendo las más importantes Limnephilidae y Lepidostomatidae por el número de especies que aportan (cuatro especies cada una; véase el apéndice 29). Esta riqueza representa el 3.7% de las 465 especies que registra el país (CNO 2016), por lo que la entidad ocupa el décimo lugar, muy por debajo de Chiapas (98), Chihuahua (85) y Veracruz (70).

Bueno-Soria y colaboradores (2007) registran 10 especies de frigáneas en el río San Borja del Desierto de los Leones (como *Hesperophylax mexico* y tres especies del género *Lepidostoma*), y cinco en el Río de los Dinamos (entre los que se encuentran *Atopsyche* sp., *Chimarra* sp. y *Glossosoma* sp.). Banks (1901), por su parte, reporta cuatro especies en Tacubaya colectadas a finales del siglo XIX: *Centromacronema auripenne*, *Limnephilus discolor*, *Polycentropus mexicanus* y *Lepidostoma mexicanum*. González-Ramírez (2012) colectó un ejemplar adulto de una especie no identificada de frigáneas en las ramas de tepozán (*Buddleja cordata*) en la REPSA. Dado lo anterior, los tricópteros pueden estar presentes en las regiones PYJU Y BYC, y es posible que haya más especies de tricópteros en todas las zonas de la capital que mantienen cuerpos de agua.

Amenazas

La gran mayoría de los hexápodos revisados en este capítulo han sido afectados negativamente por la disminución del área destinada a albergar cuerpos de agua y vegetación, que son hábitats valiosos para estos artrópodos. La disminución de las áreas verdes está asociada a la urbanización acelerada de la superficie de la entidad. Otro problema lo constituyen la extracción de especies (como la que se ejerce sobre los carismáticos insectos palo y mantis), la contaminación (que afecta en especial a las especies con fases de agua dulce) y la fragmentación de los hábitats (que afecta a los hexápodos que viven en ecosistemas naturales; Ezcurra *et al.* 2006, Sheinbaum 2008).

La desaparición de bosques conservados, en especial, conlleva a la extinción de muchos animales asociados a estos sitios, como los

mecópteros y los tricópteros. El resguardo de áreas verdes y cuerpos de agua dentro de ecosistemas conservados permite albergar una cantidad no conocida pero considerable de especies de hexápodos.

No obstante, algunas de las especies de los grupos revisados pueden verse beneficiados por la urbanización y las actividades humanas. Éste es el caso de las cucarachas *P. americana*, *Blattella germanica* y *Blatta orientalis* y los pescaditos de plata de la especie *Lepisma saccharina*, así como algunas termitas y tijerillas. Estos grupos están bien adaptados a las casas habitación y a vivir en ciertos comercios. Las cucarachas se benefician de los desperdicios de comida, los pescaditos de plata del papel y las termitas de papel y madera, en tanto que las tijerillas pueden encontrarse en los patios con jardines.

Conclusión y recomendaciones

Los grupos de invertebrados descritos en este capítulo no están registrados en la NOM 059 (SEMARNAT 2010) ni en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2011), lo cual no quiere decir que se encuentren a salvo, pues no se han realizado los estudios pertinentes sobre sus poblaciones dado el reducido conocimiento que se tiene de estos hexápodos.

Hasta el momento, en la entidad no se han establecido programas de conservación dirigida a los hexápodos revisados en este capítulo; sin embargo, una estrategia adecuada ha sido la política de instaurar áreas naturales protegidas en varias delegaciones con la finalidad de conservar la biota capitalina. Otras políticas adecuadas para la protección de la diversidad de animales invertebrados es la aplicación de instrumentos de protección de áreas verdes urbanas y rurales.

Se recomienda canalizar esfuerzos para completar el inventario de los organismos que se revisaron en este capítulo mediante colectas de campo en zonas como las sierras de Guadalupe y Santa Catarina y las áreas de manejo agrícola y conservadas de Milpa Alta, Tlalpan y Magdalena Contreras.

Agradecimientos

Agradecemos el trabajo de investigación bibliográfica que hicieron Daniela Fernández y Rodrigo Monjaraz, el apoyo técnico de Iván Castellanos-Vargas y Juana Martínez-Sánchez, la referencia sobre cucarachas a Jorge Humberto Medina Durán. También agradecemos a Laura Cárdenas y al Banco de Imágenes de CONABIO, así como a Rodrigo Lopes Ferreira, Ixchel S. González-Ramírez, Antar M. Pérez-Botello y Ernesto Navarrete por facilitarnos sus fotografías.

Referencias

Aldaz, P. 2010. Calculan 20 cucarachas por cada capitalino. En: <*http://www.eluniversal.com.mx/notas/728199.html*>, última consulta: 10 de enero de 2013.

Aspök, U. y H. Aspök. 1996. Raphidioptera. Pp. 277-286. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. I. J.E. Llorente, A.N. García y J.E. González (eds.). CONABIO /UNAM, México.

Ayala-Palma, R. 2010. *Efecto de la cantidad de detrito sobre la comunidad de artrópodos asociados a* Muhlenbergia robusta *(Fourn.) Hitch.* Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Banks, N. 1901. A list of neuropteroid insects from México. *Transactions of the American Entomological Society* 27:361-371.

——. 1948. Chrysopidae (Nothochrysidae) collected in Mexico by Dr. A. Dampf (Neuroptera). *Psyche* 55:151–177.

Baumann, R.W. y B.C. Kondratieff. 1996. Plecoptera. Pp. 169-174. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. i. J. Llorente, A.N. García y E. González (eds.). conabio/unam, México.

Battiston, R., P. Fontana, B. Agabiti y P.L. García-García. 2005. Mantodea collected in Mexico during an 8800 km orthopterological trip (Insecta-Mantodea). Atti Acc. Rov. Agiati 5B:199-215.

Blanco-Becerril, M.A. 2009. *Estructura trófica de la comunidad de artrópodos asociados a* Muhlenbergia robusta *en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel.* Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, unam, México.

Blanco-Becerril, M. A., Víctor López-Gómez y Z. Cano-Santana. 2010. Estructura trófica de la comunidad de artrópodos asociados a *Muhlenbergia robusta* (Poaceae) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, d.f., México. *Dugesiana* 17(2):221-228.

Borror, D.J. y R.E. White. 1970. *A field guide to the insects of America north of Mexico*. Houghton Mifflin, Boston.

Borror, D.J., C.A. Triplehorn y N.F. Johnson. 1992. *An introduction to study of insects.* Saunders College, Forth Worth.

Bueno-Soria, J., M. Razo-González y R. Barba-Álvarez. 2007. Tricópteros (Insecta: Trichoptera) del Desierto de los Leones, D.F. Pp. 31-38. En: *Simposio internacional de entomología acuática mexicana: estado actual de conocimiento y aplicaciones.* R. Novelo y P. Alonso-Eguía Lis (eds.). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y Sociedad Mexicana de Entomología, Jiutepec, Morelos.

Castellanos-Vargas, I. 2013. Técnico Académico de la Facultad de Ciencias unam. Comunicación personal.

Chapin III, F.S., P.A. Mattson y P.M. Vitousek. 2011. *Principles of terrestrial ecosystem ecology.* Springer, Nueva York.

cites. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2011. Apéndices I, II y III. En: <*http://www.cites.org/esp/app/appendices.php*>, última consulta: 28 de marzo de 2012.

cno. coleoptera neotropical.org. 2016. Trichoptera de México. En <*http://www.coleoptera-neotropical.org/6_Arthropoda/6qi_Trichoptera/0pais/Trich-Mexico.html*>, última consulta: 14 de julio de 2016.

Contreras-Ramos, A. 2000. Megaloptera (Insecta: Neuropterida) de México. Instituto de Biología. unam. Informe final snib-conabio proyecto No. K022. conabio, México.

——. 2007. Los Megaloptera de México: un pequeño grupo en un país megadiverso. Pp. 25-30. En: *Simposio internacional de entomología acuática mexicana: estado actual de conocimiento y aplicaciones.* R. Novelo y P. Alonso-Eguía Lis (eds.). Instituto Mexicano de Tecnología del Agua y Sociedad Mexicana de Entomología, Jiutepec, Morelos.

Contreras-Ramos A., J. D. Oswald y N. D. Penny. 2008. Neurópteros. Pp. 283-322 En: cd 1 (Catálogo taxonómico de especies de México). S. Ocegueda y J. Llorente-Bousquets (coords.). Anexo a: Llorente- Bousquets, J. y S. Ocegueda. Estado del conocimiento de la biota. En: *Capital natural de México*, vol. i. conabio, México.

Contreras-Ramos, A. y M.V. Rosas. 2014*a*. Biodiversidad de Neuroptera. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:257-263.

——. 2014*b*. Biodiversidad de Megaloptera y Raphidioptera en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:257-263.

Contreras-Ramos, A., M.A. Sarmiento-Cordero y N.D. Penny. 2014. Biodiversidad de Mecoptera en México. R*evista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:339-344.

Daly, H.V., J.T. Doyen y P.P. Ehrlich. 1978. *Introduction to insect biology and diversity.* McGraw-Hill Kogakusha, Tokio.

Engel, M.S. 2004. Zoraptera. Pp. 637-640. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. iv. J.E. Llorente, J.J. Morrone, O. Yáñez e I. Vargas (eds.). conabio/unam, México.

Estrada-Álvarez, J.C. 2013. Primera lista de las cucarachas de México (Dictyoptera: Blattodea). *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa* 53:267-284.

Estrada-Álvarez, J.C. y C.A. Guadarrama. 2012. Primeros registros de *Homoeogamia mexicana* Burmeister, 1838 (Blattaria: Polyphagidae) para el Estado de México. *Dugesiana* 19(1):11-12.

Ezcurra, E., M. Mazari, I. Pisanty y A.G. Aguilar. 2006. *La cuenca de México.* fce, México.

Ferraz, M.V. y J.T. Méndez. 2004. First record of a subterranean termite, *Coptotermes havilandi* Holmgren (Isoptera: Termitidae), on the West coast of North America (Mexico). *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 20(2):39-43.

González, A. y J.F. Cervantes. 2008. Crisopas nativas (Neuroptera: Chrysopidae), de dos áreas verdes urbanas del Distrito Federal. *Entomología Mexicana* 7:938-942.

González-Ramírez, I. 2012. *Comparación de las comunidades de artrópodos epífitos asociadas a plantas masculinas y femeninas de* Buddleia cordata *(Loganiaceae).* Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Kathirithamby, J y G. Moya-Raygoza. 2000. *Halictophagus naulti* sp. n. (Strepsiptera: Halictophagidae), a new species parasitic in the corn leafhopper (Homoptera: Cicadellidae) from Mexico. *Annals of the Entomological Society of America* 93:1039-1044.

Kathirithamby, J. y D.P. Hughes. 2006. Description and biological notes of the first species of *Xenos* (Strepsiptera: Stylopidae) parasitic in *Polistes carnifex* F. (Hymenoptera: Vespidae) in Mexico. *Zootaxa* 1104:35-45.

Llorente B., J.E., A.N. García A. y J.E. González S. (eds.). 1996. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. I. CONABIO/UNAM, México.

Llorente B., J.E., E. González S. y N. Papavero (eds.). 2000. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. II. CONABIO/UNAM, México.

Llorente, J.E. y J.J. Morrone (eds.). 2002. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. III. CONABIO/UNAM, México.

Llorente, J.E., J.J. Morrone, O. Yáñez e I. Vargas. 2004. *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. IV. CONABIO/UNAM, México.

López, L.J.R. 1999. Epidemiología de alergia pediátrica en el Hospital General de México OD. *Alergia, Asma e Inmunología Pediátricas* 817-20.

López-Gómez, V., L.Y. Jiménez-Cedillo, M.A. Blanco-Becerril y Z. Cano-Santana. 2009. Ecología de la comunidad de artrópodos asociada a *Muhlenbergia robusta* (Poaceae). Pp. 441-451. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel.* A. Lot, y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México, México.

López-Mora, U. En prep. Los géneros de Phasmatodea de México con una clave ilustrada para su determinación taxonómica. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad de México.

López-Rosas, F.J. 2009. *Artrópodos asociados al cultivo de hierbabuena (*Mentha spicata *L. var.* tashkent*) en el predio Las Ánimas, Tulyehualco, D.F.* Informe de servicio social de Licenciatura en Agronomía. UAM-Xochimilco, México.

Lugo-Ortiz, C.R. y W.P. McCafferty. 1996. New Central American and Mexican records of Ephemeroptera species. *Entomological News* 107(5):303-310.

Martínez-Sánchez, J. 2012. Bióloga especialista en acarología y entomología de la Facultad de Ciencias, UNAM. Comunicación personal.

Mayorga, C. y M.S.G. Torres. 2007. Insectos: una introducción a la entomofauna. pp. 123-132. En: *Guía ilustrada de la Cantera Oriente. Caracterización ambiental e inventario biológico.* A. Lot (coord.). Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, UNAM, México.

Méndez, J.T. y A. Equihua. 2001. Diversidad y manejo de los termes de México (Hexapoda: Isoptera). *Acta Zoológica Mexicana (nueva serie)* No. esp. 1:173-187.

McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial.* Ariel, Barcelona.

McCafferty, W.P. 2011. New Mexican and Central American Ephemeroptera records, with first species checklist for Mexican states. *Transactions of the American Entomological Society* 137:317-327.

Metcalf, C.L. y W.P. Flint. 1965. *Insectos destructivos e insectos útiles.* Continental, México.

Montserrat, V.J. 2005. Nuevos datos sobre algunas pequeñas familias de neurópteros (Insecta: Neuroptera: Nevrorthidae, Osmylidae, Sisyridae, Dilaridae). *Heteropterus Revista de Entomología* 5:1-26.

Oswald, J. D. (chief editor). 2007. Lacewing digital library. Neuropterida species of the World. En: *<http://lacewing.tamu.edu/Species-Catalogue/index.html;>* última consulta: 06 de julio de 2012.

Oswald, J.D., A. Contreras-Ramos y N.D. Penny. 2002. Neuroptera (Neuropterida). Pp. 559-581. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. III. J.E. Llorente y J.J. Morrone (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Palacios-Vargas, J. G. 2000*a*. Protura y diplura. Pp. 275-281. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. II. J.E. Llorente, E. González y N. Papavero (eds.). CONABIO/UNAM, México.

——. 2000*b*. Archaeognatha y Zygentoma. Pp. 285-291. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. II. J.E. Llorente, E. González y N. Papavero (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Palacios-Vargas, J.G. y D. Figueroa. 2014. Biodiversidad de Protura (Hexapoda: Entognatha) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85:232-235.

Palacios-Vargas, J.G. y A. García-Gómez. 2014. Biodiversidad de Diplura (Hexapoda: Entognatha) en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* Supl. 85: 236-242.

Pérez-Ortiz T. M. y L. Hernández-Maturano. 1985. *Artrópodos urbanos.* Reporte final de la asignatura Biología de campo. Colección Zoología No. 21. Departamento de Biología, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Randolph, R.P. y W.P. McCafferty. 2000. Mexican mayflies: inventory and additions (Ephemeroptera). *Annals of Limnology* 36(2):113-121.

Ríos-Casanova, L. 1993. *Variación espacial y temporal de los artrópodos epifitos de la reserva del Pedregal de San Ángel, D.F. (México).* Tesis de licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Rueda-Salazar, A.M. y Z. Cano-Santana. 2009. Artropodofauna. Pp. 171-211. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel.* A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Sakai, S. 2004. Dermaptera. Pp. 627-636. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento,* vol. IV. J.E. Llorente, J.J. Morrone, O. Yáñez e I. Vargas (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Sargent, B.J., R.W. Baumann y B.C. Kondratieff. 1991. Zoogeographic affinities of the Nearctic stonefly (Plecoptera) fauna of Mexico. *The Southwestern Naturalist* 36:323-331.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sheinbaum, C. 2008. *Problemática ambiental de la Ciudad de México. Diagnóstico y experiencias de gestión 2001-2006.* Limusa, México.

Szumik, C. 2002. Embioptera. Pp. 441-448. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento,* vol. III. J. Llorente y J.J. Morrone (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Tagle-Villalpando, C.I. En prep. *Estructura de la comunidad de artrópodos asociados a los nidos de* Malacosoma incurvum (Lepidoptera: Lasiocampidae) *en el Parque Ecológico de Xochimilco, D.F. (México).* Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM, Ciudad de México.

Valencia L.A., J. Romero N., J. Valdez C. *et al* 2006. Taxonomía y registros de Chrysopidae (Insecta: Neuroptera) en el estado de Morelos, México. *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 22:17-61.

Vázquez G., L. 1987. *Zoología del Phylum Arthropoda.* Interamericana, México.

Zhang, Z.-Q. (ed.). 2011. Animal biodiversity: an outline of higher level classification and survey of taxonomic richness. *Zootaxa* 4138:1-237.

Libélulas (Odonata)

Enrique González Soriano

Descripción

Las libélulas (Odonata) son insectos carismáticos que han llamado la atención de naturalistas y de la gente común desde hace muchos años. En la parte científica se consideran modelos para estudios de zoología comparada, en especial, de conducta y ecología (Corbet 2004, Córdoba-Aguilar 2008). Por otro lado, estos insectos también han sido considerados desde un enfoque artístico (que incluye la pintura y la poesía). En México se les conoce como caballitos del diablo, cigarrillos y caballeros, pero en este capítulo utilizaremos el nombre "libélulas" para referirnos en general a los Odonata.

Las libélulas son un grupo con una antigüedad de alrededor de 250 millones de años (Corbet 2004, Grimaldi y Engel 2005) y son, junto con las efímeras (Ephemeroptera), los únicos representantes actuales de un linaje primitivo de insectos alados (Palaeoptera) que se caracterizan por su incapacidad de plegar las alas sobre el abdomen como lo hacen los restantes órdenes de insectos alados (Neoptera).

El cuerpo de los adultos está dividido en tres regiones: la cabeza, el tórax y el abdomen. La cabeza posee grandes ojos compuestos que a menudo ocupan la mayor parte de su superficie, además de tres ocelos. El tórax consiste en un protórax pequeño y móvil en donde se inserta el primer par de patas, y un pterotórax grande en donde se encuentran las alas y las patas medias y posteriores. Las alas son grandes, membranosas, y presentan un gran número de venas. El abdomen, largo y delgado, consta de 10 segmentos visibles y en su parte terminal se distinguen los apéndices abdominales. En los machos existe un aparato copulador secundario, único entre los insectos, localizado en la parte ventral del segundo y tercer segmento abdominal (Waage 1984, Corbet 2004). Los adultos son terrestres y voladores con una actividad diurna muy marcada.

Los odonatos se dividen en dos grupos: los anisópteros (suborden Anisoptera), que son de vuelo potente y cuerpo robusto (figura 1), y los zigópteros (suborden Zygoptera), que son de vuelo más bien débil y de cuerpo delicado (figura 2). Sus estados juveniles (ninfas o larvas según los anglosajones) son acuáticos y habitan en la mayoría de los cuerpos de agua dulce del mundo. Tanto en el medio acuático como en el aéreo son depredadores importantes; pero en el agua ocupan la cúspide de la red alimentaria entre los macroinvertebrados. A su vez, tanto en estado larval como adulto son presas de un gran número de invertebrados y vertebrados, pues sus larvas son consumidas por anfibios, peces y algunas aves, en tanto que los adultos son depredados por anfibios y aves (Corbet 2004).

Se les observa con cierta facilidad a la orilla de arroyos, ríos, lagunas y estanques en donde se reproducen. En regiones tropicales, algunos

González-Soriano, E. 2016. Libélulas (Odonata). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.285-289.



Figura 1. Libélula *Sympetrum illotum*, una especie catalogada por la UICN como preocupación mínima. Este insecto puede vivir cerca de fuentes y estanques de la zona urbana. Foto: Enrique González-Soriano.

habitan como larvas en pequeños escurrideros o minúsculos reservorios de agua que se acumula en troncos y bromelias (Corbet 2004).

Como grupo no son tan sensibles a ciertos parámetros químicos del cuerpo de agua, como lo son otros insectos acuáticos, como las moscas de las piedras (Plecoptera) y las frigáneas (Trichoptera); sin embargo, para cualquiera que desee preservar la integridad de biotopos acuáticos es recomendable incluir la presencia de poblaciones de odonatos como un criterio para reconocer un ecosistema saludable (Corbet 2004).

Diversidad y distribución

La fauna de libélulas en el mundo se estima en alrededor de 6 012 especies descritas (Kalkman *et al.* 2008, Dijkstra *et al.* 2015, Sühling *et al.* 2015). En México se han registrado a la fecha 357 especies que corresponden alrededor de 6% de la fauna mundial (González-Soriano y Novelo-Gutiérrez 2007). La fauna de Odonata de la Ciudad de México incluye un total de 43 especies repartidas en 27 géneros y siete familias, incluyendo tanto registros históricos como actuales, lo que representa alrededor de 12% del total de especies estimadas para el país (apéndice 30). La familia Libellulidae es la que tiene un mayor número de especies (21) seguida de Coenagrionidae (10), en tanto que las familias Calopterygidae, Cordulegastridae y Gomphidae sólo registran una especie cada una.

En estudios recientes se ha podido confirmar la presencia de 17 (40%) de las 43 especies antes señaladas para la ciudad, aunque estos registros únicamente se basan en especies

encontradas en el área de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (González-Soriano y Barba-Medina 2008, 2009). Sin lugar a dudas, esta cifra aumentará al incrementar las colectas en áreas rurales de la entidad.

No existen especies endémicas en la ciudad ni especies que se encuentren en la categoría de amenazadas de acuerdo con los criterios de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN), aunque 11 especies están dentro de la categoría de Preocupación Mínima (*Least Concern*; UICN 2010): *Hetaerina vulnerata*, *Ischnura ramburi*, *Anax junius*, *Cordulegaster diadema*, *Erythemis plebeja*, *E. vesiculosa*, *Miathyria marcella*, *Orthemis ferruginea*, *Pantala flavescens*, *Sympetrum illotum* (figura 1) y *Tramea onusta*.

Los primeros estudios de las libélulas de la Ciudad de México provienen de Calvert (1901-1908), quien registra 15 especies en esta área. Algunas de las especies ubicadas por este autor en Tlalpan, Guadalupe y Tizapán, así como en la zona urbana denominada "Ciudad de México" ya no se han vuelto a observar debido principalmente a la desaparición de sus hábitats naturales, que han sido absorbidos por la mancha urbana y al deterioro de los mismos por contaminación. En otro trabajo, Mendoza-Trejo y González-Soriano (1989) registran 44 especies para el área urbana y suburbana del valle de México; sin embargo, estos autores tomaron en cuenta a la especie *Gomphomacromia mexicana* (sinónimo de *G. chilensis*), que realmente se trata de un género con distribución exclusiva a Sudamérica (Garrison *et al.* 2006). Asimismo, Mendoza-Trejo y González-Soriano (1999) contabilizan alrededor de 47 especies para la región de montaña del sur de la cuenca de México, que incluye, además de la Ciudad de México, parte del estado de Morelos y del de México.

Existen algunas especies cuya presencia no ha sido posible corroborar al menos en los últimos 26 años, como es el caso de *Erpetogomphus crotalinus* (habitante de arroyos pequeños en el Altiplano) y *Pachydiplax longipennis* (especie registrada en el lago de Xochimilco hacia 1943).

Sitios de interés

La distribución de la mayoría de libélulas está restringida a todos los cuerpos de agua de la región; sin embargo, los que están muy contaminados, como el río Magdalena y los remanentes del río Mixcoac, no albergan a ningún ejemplar de estos insectos. Algunas especies pueden ser observadas colonizando cuerpos de agua artificiales como fuentes o estanques (como *Sympetrum corruptum* y *S. illotum*) y a otras se les puede observar volando muy lejos de algún cuerpo de agua (como *Rhionaeschna multicolor* o *Pantala flavescens*) sobre vegetación natural, calles y estacionamientos del sur de la ciudad (González-Soriano obs. pers.).

De los escasos sitios que todavía cuentan con buenas poblaciones de libélulas están el lago de Xochimilco y otros cuerpos de agua cercanos (como los de Mixquic), los Dinamos de Contreras, las Fuentes Brotantes de Tlalpan y los manantiales de la Cantera Oriente de Ciudad Universitaria. No se cuenta con información actual del lago de Chapultepec que nos permita confirmar el establecimiento de alguna población de libélulas dentro de su entorno. Sin embargo, las fuentes urbanas, aún las pequeñas, pueden albergar al menos de forma temporal poblaciones pequeñas de algunas especies (como las dos especies del género *Sympetrum* y *P. flavescens*).

Especies de interés

Ciertas especies parecen no ser habitantes regulares de la Ciudad de México, como *Tholymis citrina* (Libellulidae) y *Triacanthagyna septima*, que han sido capturadas en calles de la entidad. Esta última es de actividad crepuscular en zonas tropicales de México (González-Soriano 1997), por lo que su hallazgo en la capital resulta realmente interesante.

Un descubrimiento reciente y también muy relevante es el de una muy pequeña y aislada población del calopterígido *Hetaerina vulnerata* en las Fuentes Brotantes de Tlalpan (González-Soriano y Figueroa-Galván obs. pers.; figura 2), pues se pensaba que había sido extirpada de la zona urbana de la capital (véase Mendoza-Trejo y González-Soriano 1999). A pesar de que esta especie tiene una amplia distribución en el país, su hallazgo representa un tesoro para la ciudad que carece casi por completo de arroyos o ríos en buen estado de salud que les permita albergar fauna autóctona, tal como es el caso de esta especie. Lamentablemente, el futuro de dicha población es muy incierto debido a que este cuerpo de agua es una verdadera isla que se encuentra totalmente aislada de cualquier otro cuerpo de agua natural por el ambiente urbano que lo rodea. Sería deseable que se implementara un programa de conservación del hábitat de esta especie ya que corre peligro de desaparecer en caso de que este pequeño riachuelo se llegara a entubar o si se contaminara.

Conclusión y recomendaciones

Como insectos acuáticos, las libélulas en general han visto disminuidas sus poblaciones o, en algunos casos, han sido extirpadas del área urbana de la Ciudad de México, tanto por la



Figura 2. Libélula *Hetaerina vulnerata*, especie que tiene una población aislada en las Fuentes Brotantes de Tlalpan, aunque ha sido catalogada por la UICN como preocupación mínima. Foto: Enrique González-Soriano.

desaparición de sus hábitats naturales como por la grave contaminación de los mismos.

Para mantener dichas poblaciones sería muy recomendable implementar estrategias de conservación para los escasos cuerpos de agua que de manera natural o artificial aún existen en la ciudad, como por ejemplo las Fuentes Brotantes, el lago de Chapultepec y el lago de Xochimilco. Por otro lado, se recomienda hacer estudios sobre la odonatofauna del lago de Chapultepec, así como de la existente en áreas rurales de la capital.

Referencias

Calvert, P.P. 1901-1908. Odonata. Pp. 1-420. En: *Biologia Centrali-Americana: Insecta: Neuroptera*. R.H. Porter y Co. Dulau. Londres.

Corbet, P.S. 2004. *Dragonflies. Behavior and ecology of Odonata*. Cornell University Press, Ithaca, Nueva York.

Córdoba-Aguilar, A. 2008. *Dragonflies & damselflies. Model organisms for ecological and evolutionary research*. Oxford University Press, Nueva York.

Dijkstra, K.-D.B., Kipping, J. y Mézière, N. 2015. Sixty new dragonfly and damselfly species from Africa (Odonata). *Odonatologica* 44(4):447-678.

Garrison, R.W., N. von Ellenrieder y J.A. Louton. 2006. *Dragonfly genera of the new World*. Johns Hopkins University Press, Baltimore.

González-Soriano, E. 1997. Odonata. Pp. 245-255. En: *Historia natural de Los Tuxtlas*. E. González-Soriano, R. Dirzo y R. C. Vogt (eds.). UNAM/CONABIO, México.

González-Soriano, E. y R. Novelo-Gutiérrez. 2007. Odonata of Mexico revisited. Pp. 105-136. En: *Odonata: biology of dragonflies*. B.K. Tyagi (ed.). Scientific Publishers, Jodhpur, India.

González-Soriano, E. y H.C.P. Barba-Medina. 2008. Libélulas. Pp.133-160. En: *Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico*. A. Lot (eds.). UNAM, México.

——. 2009. Libélulas. Pp. 213-225. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds). UNAM, México.

Grimaldi, D. y M.S. Engel. 2005. *Evolution of the insects*. Cambridge University Press, Cambridge.

Kalkman, V.J., V. Clausnitzer, Dijkstra, K-D.B, *et al*. 2008. Global diversity of dragonflies (Odonata) in freshwater. *Hidrobiologia* 95:351-363.

Mendoza-Trejo, R. y E. González-Soriano. 1989. Libélulas del área urbana y suburbana del valle de México (Insecta: Odonata). Pp.135-140. En: *Ecología urbana*. R. Gío-Argáez y E. Hernández-Ruiz (eds.). Sociedad Mexicana de Historia Natural, A.C., México.

——. 1999. Pp. 216-226. En: *Biodiversidad de la región de montaña del sur de la cuenca de México*. A. Velásquez y F.J. Romero (eds.). UAM, México.

Sühling, F., G. Sählén, S. Gorb, V., *et al*. 2015. Order Odonata. En: *Ecology & General Biology: Thorp & Covich´s Freshwater Invertebrates*, J. Thorp y D.C. Rogers (eds.). Academic Press. Pp. 893932.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2010. Red list of threatened species. En: <*http://www.iucnredlist.org*>, última consulta: junio de 2010.

Waage, J.K. 1984. Sperm competition and the evolution of odonate mating systems. Pp. 251-290. En: *Sperm competition and the evolution of animal mating systems*. R.L. Smith (ed.). Academic Press, Orlando, Florida.

Ortópteros (Orthoptera)

Eduardo Rivera García

Descripción

El orden Orthoptera comprende a los insectos conocidos como grillos, esperanzas, chapulines y langostas. Se clasifican en dos subórdenes: Ensifera (ortópteros de antenas largas, como grillos y esperanzas) y Caelifera (ortópteros de antenas cortas como chapulines y langostas). Dentro de éste último destacan las especies defoliadoras económicamente más importantes, como son las familias Romaleidae (romaleidos)y Acrididae (acrídidos).

Se estima que en el mundo existen alrededor de 24 557 especies, principalmente en las regiones de clima cálido del planeta. En el país se han descrito alrededor de 650 especies y en la Ciudad de México debe haber al menos 90 (Eades *et al.* 2010). Estos insectos son comunes en vegetación herbácea y arbustiva; responden rápido a cambios físicos en el ambiente (Wood y Samways 1991) y muestran sensibilidad a la sequía (Dreux 1972, 1979, Kemp y Cigliano 1994).

La mayor riqueza de especies se observa en primavera y verano, como ocurre con todos los insectos, y algunas especies presentan diferencias en los tiempos empleados en sus etapas de desarrollo y en la extensión de su ciclo de vida (Joern 1986). Las interacciones ecológicas determinan la estructura de sus comunidades, donde la competencia interespecífica es importante para explicar la estructura y distribución de organismos en gradientes ambientales (Beckerman 2000). Los ortópteros participan en una compleja red de interacciones tróficas con sus parásitos, parasitoides y depredadores (Dempster 1963, Greathead 1963, Lavigne y Pfadt 1966, Rees 1973, Polis 1991).

Diversidad

Dado que existe poco conocimiento de este grupo, se revisaron intensivamente los registros de tipos correspondientes a la capital del país en las siguientes colecciones entomológicas: ANSP, Academia de Ciencias Naturales de Filadelfia, EUA; MHNG, Museo de Historia Natural, Ginebra, Suiza; CASC, Academia de Ciencias de California, San Francisco, EUA; CNIN, Colección Nacional de Insectos IBUNAM, México; NMW, Museo Nacional de Viena, Austria; MNHN, Museo Nacional de Historia Natural, París, Francia; UZIU, Instituto de Zoología, Universidad de Uppsala, Suecia; ZMB, Museo de Zoología, Berlín, Alemania; INHS, Datos de la Colección de Insectos del Inventario de Historia Natural, Illinois, EUA, y BMNH, Museo Británico de Historia Natural, Londres, Inglaterra.

Aunque Eades y colaboradores (2010) mencionan que en la entidad hay al menos 90 especies de ortópteros, a partir de las colecciones se pudo determinar que la Ciudad de México sólo cuenta con la mitad de las especies esperadas de ortópteros (47), comprendidas en 40 géneros, ubicados en 14 subfamilias, de ocho

Rivera-García, E. 2016. Ortópteros (Orthoptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.290-292.

familias dentro de siete superfamilias (apéndice 31). A la superfamilia Acridoidea corresponde 53.25% de los registros y se trata de especies indicadoras de ambientes perturbados (figura 1; Wood y Samways 1991, Solomon y Samways 2006); este porcentaje sugiere que los acrídidos son el grupo mejor representado de ortópteros en la ciudad y sus alrededores.

Distribución

Debido a que el valle de México se encuentra ubicado en una zona biogeográfica de transición entre las regiones Neártica y Netropical (Morrone 2005), en donde convergen elementos faunísticos paleomericanos, mesoamericanos tropicales y mesoamericanos de montaña, las condiciones posibilitan la aparición de endemismos dentro de los ortópteros. Actualmente la capital carece de estudios faunísticos puntuales y sistemáticos que permitan conocer con alto grado de detalle la afinidad específica de su ortopterofauna, así como el registro de endemismos. Sin embargo, se sabe que las superfamilias Gryllacridoidea, Grylloidea, Tettigonoidea y Stenopelmatoidea suman 28.5% de las especies registradas y son las que pueden tener un mayor riesgo desde el punto de vista de conservación, ya que su hábitat son las cuevas y sitios obscuros. Aún hacen falta esfuerzos por conocer a las especies de ortópteros que habitan en la región noreste del valle de México, así como también en la zona limítrofe con el Estado de México y Morelos.

Conclusión y recomendaciones

A pesar de que los insectos constituyen el grupo más diverso del mundo, no están contemplados en las categorías de protección de la UICN, esto se debe principalmente a la falta de información biológica del grupo, a la carencia de inventarios faunísticos y al desconocimiento de sus ámbitos de distribución. Por su importancia ecológica como especies pioneras, por su valor cultural y por su papel como fuente principal de alimento de aves y reptiles, es apremiante intensificar los esfuerzos de



Figura 1. La presencia del chapulín cenizo (*Trimerotropis pallidipennis*, Oedipodinae) es considerada como indicadora de disturbios del suelo. Foto: Iván Castellanos-Vargas, Sierra de Santa Catarina, Ciudad de México.

conservación de las áreas protegidas comprendidas en la Ciudad de México. En la actualidad estas áreas pueden ser consideradas como hábitats relictuales de especies de ortópteros silvestres por las presiones de urbanización, principalmente las del desierto de los Leones, cumbres del Ajusco, cerro de la Estrella, cerro del Tepeyac, sierras de Santa Catarina y Guadalupe, junto con el corredor Chichinautzin y el vaso de la Laguna de Texcoco.

Referencias

Beckerman, A.P. 2000. Counter intuitive outcomes of interspecific competition between two grasshopper species along a resource gradient. *Ecology* 81:948-957.

Dempster, J.P. 1963. The population dynamics of grasshoppers and locusts. *Biological Review* 38:490-529.

Dreux, P. 1972. Recherches de terrain en auto-ecologie des Orthopteres. *Acrida* 25:305-330.

——. 1979. *Introducción a la Ecología*. Alianza Editorial. Madrid.

Eades, D.C., D. Otte, M.M. Cigliano y H. Braun. 2010. Orthoptera Species File Online. Version 2.0/4.0. En: <*http://orthoptera. speciesfile.org*>, última consulta: diciembre de 2010.

Greathead, D.J. 1963. A review of the insect enemies of Acridoidea (Orthoptera). *Transactions of the Royal Entomological Society of London* 114:437-517.

Joern, A. 1986. Experimental study of avian predation on coexisting grasshopper populations (Orthoptera: Acrididae) in a sandhills grassland. *Oikos* 46:243-249.

Kemp, W.P. y M.M. Cigliano. 1994. Drought and rangeland grasshopper species diversity. *The Canadian Entomologist* 126:1075-1092.

Lavigne, R.J. y R.E. Pfadt. 1966. Parasites and predators of Wyoming rangeland grasshoppers. University of Wyoming. *Agricultural Experiment Station Science Monographs* 3:4-31.

Morrone, J.J. 2005. Hacia una síntesis biogeográfica de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 76:207-252.

Polis, G.A. 1991. Complex trophic interactions in deserts: an empirical critique of food-web theory. *The American Naturalist* 138:123-155.

Rees, N.E. 1973. Arthropod and nematode parasites, parasitoids, and predators of Acrididae in America north of Mexico. USDA *Technical Bulletin*. No. 1460.

Solomon, G. y M.J. Samways. 2006. Topographic heterogeneity plays a crucial role for grasshopper diversity in a southern African megabiodiversity hotspot. *Biodiversity and Conservation* 15:231-244.

Wood, P.A. y M.J. Samways. 1991. Landscape element pattern and continuity of butterfly flight paths in an ecologically landscaped botanic garden, Natal, South Africa. *Biological Conservation* 58:149-166.

Estudio de caso

Ortópteros en la cultura

Iván Castellanos Vargas

Introducción

La cultura en una sociedad es un eje que proporciona identidad y unificación entre los individuos, gracias a que emplea como recursos el pasado histórico, el lenguaje (verbal o iconográfico) y el arte. El objetivo de este trabajo es presentar una revisión sobre el simbolismo de los ortópteros (chapulines, grillos, esperanzas y langostas) en las manifestaciones culturales de la Ciudad de México.

Analizar el papel de este grupo de insectos en la cultura de la entidad no es una labor sencilla, pues los capitalinos conformamos un mosaico social e ideológico complejo. Las emociones que dichos insectos han inspirado son muy variadas, comprenden desde el miedo irracional y el rechazo total a la indiferencia y la aceptación tolerable.

Identidad histórica, lingüística e iconográfica

Desde la época prehispánica, la presencia de los ortópteros fue trascendente para los habitantes de la cuenca de México, acompañaron a los mexicas desde Aztlán hasta el lago de Tenochtitlan (Díaz del Castillo 1976). Estos insectos eran apreciados como alimento, por su canto, su fortaleza física y belleza estética. El término actual "chapulín" es una derivación de *chapolli* o *chapolin* y tenía uso frecuente entre la población. La etimología proviene del náhuatl, de las raíces *chapa*(*nia*) = rebotar, y *yul* = hule, que significa "insecto que rebota como pelota de hule" (Chavero 1953). El Códice Mendocino señala que Chapultepec o "cerro del chapulín" (*chapoltepetl*) toma su nombre por la similitud de la forma de la cima con el insecto y, probablemente, por su abundancia en la zona.

Según el Códice Florentino, los mexicas diferenciaban algunas variedades de estos insectos; a los grillos los llamaban *cuicachapolin* = chapulín que canta; mientras que el más valiente y arrojado, por la dificultad para atraparlo, era el *acachapolin* = chapulín saeta. Por su parte, Boturini (1875) mencionó al *anahuacachapolin* como el más abundante y emblemático de la cuenca del valle de México. Los mexicas, al establecerse en Texcallán (hoy Coyoacán), pudieron conocer al *tlalchapolin* = chapulín de tierra, variedad que carece de alas y salta sobre la tierra y que desde épocas prehispánicas se aprecia como alimento.

Los habitantes prehispánicos de Oztotepec (hoy Milpa Alta) reconocían una milpilla silvestre a la cual denominaban *chapule*, dada la semejanza entre los granos de maíz y los chapulines. En Tlalpan existió un arbolillo llamado *chapulixtle* = chapulín de fibra, y era apreciado para rehabilitar suelos (Anónimo 1968). Actualmente, en

Castellanos-Vargas, I. 2016. Ortópteros en la cultura. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.293-296.

la delegación Miguel Hidalgo se registra la mayor diversidad iconográfica de estos insectos (logos de la demarcación y un parque); mientras que en la delegación Cuauhtémoc existen una avenida y una estación (Chapultepec) de la línea 1 del Sistema de Transporte Colectivo Metro dedicadas al antiguo cerro del chapulín. Finalmente, en Iztapalapa, Tlalpan y Magdalena Contreras hay colonias y privadas cuyos nombres honran a estos insectos (Castellanos-Vargas, obs. pers.).

Expresiones artísticas

Arquitectura, escultura y diseño

En la actualidad, los ortópteros son temática y fuente de inspiración para algunos artistas de la capital. Por ejemplo, el arquitecto Pedro Ramírez Vázquez (com. pers.) señaló que "el chapulín es el insecto más admirable por la fortaleza de sus patas, su plasticidad estética y elasticidad [...] éste identifica a los arquitectos y escultores. Sus patas traseras rememoran al compás por su facilidad para formar ángulos". Asimismo, los pilares del puente vehicular del Estadio Azteca fueron inspirados en los grabados prehispánicos de estos insectos. Por su parte, un escultor anónimo diseñó una serie de modelos que engalanan el Bosque de Chapultepec, y en 2008, los alumnos de Rigoletti Casa de Diseño ganaron el concurso "Diseño de taxi para la Ciudad de México" con el proyecto que se tituló *Taxi Chapulín*, que busca equilibrio entre estética y funcionalidad. Señalaron que "el nombre proviene de la identidad que se tiene por estos insectos", y se espera que dentro de poco represente la renovación y unificación del parque vehicular de los taxis capitalinos.

Literatura y poesía

Los grillos y chapulines han sido utilizados como inspiración en diversos textos. El escritor Rafael Pérez y Pérez (1995) señaló en su cuento "Corazón endiosado": "lo que más llamaba mi atención del tianguis [de Tlatelolco] eran los chapulines; no sólo me encantaba comerlos sobre una tortilla, sino su naturaleza viva y llena de dinamismo —a veces en el aire y a veces sobre el suelo, a veces cruzando el espacio y a veces apagadamente contemplando la tierra—". Del mismo modo, Rosa de Castaño (1975) en la novela *Fruto de sangre* narró: "en Zapotitlán [Tláhuac] los grillos cantan en las noches de junio, porque están llamando al agua, así la cosecha estará lista en septiembre". Por su parte, Valentín Rincón (1983) creó a Jazmín el Chapulín, un personaje en la historia del Sapito Cro-Cro: "Es elegante caballero, con gabán de seda verde que en la llovizna se pierde, es Jazmín el chapulín. Cuando cae la noche y Jazmín quiere dormir, quieto se acurruca en una sábana de hoja y una florecita, muy afelpada y rosa, hace de bordado y cómodo cojín".

Música

A través de juegos y canciones se crean vínculos sociales estrechos entre los niños de diferentes generaciones, y los ortópteros están presentes en las rondas infantiles de los capitalinos. Francisco Gabilondo Soler indicó: "El señor Cri-Crí es un grillito del campo, que un buen día se cansó de vivir con sus amiguitos del bosque y se metió en el corazón de un niño para compartir sus canciones". En Tláhuac y Xochimilco, los niños acostumbraban atrapar chapulines y jugaban a hacerlos saltar, ganaba el que llegaba más lejos (Castellanos-Vargas, obs. pers.). En Cuajimalpa se jugó y cantó una variante de *La vieja Inés* con niños que representaban chapulines de diferentes colores: "Tán-tán. / ¿Quién es? / La vieja Inés. / ¿Qué quería? / Un chapulín. / ¿De qué color?" (Carrillo-Ángeles, com. pers.).

Pintura

Los ortópteros han inspirado la obra pictórica de algunos artistas capitalinos. El arquitecto

Héctor Arreola (Xochimilco) realizó esbozos de las ootecas (paquetes de huevecillos) de estos insectos, cuando son colocados dentro del suelo. Por su parte; el pintor tlahuica Ivis Castevar encontró fuente de inspiración en el ciclo de vida de éstos cuando los observó en el Pedregal de San Ángel, lo que le permitió crear una importante producción artística con estos elementos. Finalmente, la bióloga Laura Padilla (Iztapalapa) ilustró una tesis de licenciatura sobre el frágil ecosistema del pedregal y sus habitantes, entre los que destaca el chapulín de tierra (*Sphenarium purpurascens*, Charpentier 1842, Orthoptera: Pyrgomorphidae).

Mitos

Los atributos físicos y conductuales de estos insectos originaron algunos mitos trascendentes para la cultura popular de la capital. Entre 1960 y 1970, el escritor y actor Roberto Gómez Bolaños diseñó la historieta de un superhéroe urbano capaz de luchar por los desprotegidos. El personaje se basó en un chapulín con uniforme rojo y su aceptación entre el público lo convirtió en un ícono latinoamericano.

Por otra parte, el ortóptero más satanizado en la capital es el "mestizo" o "cara de niño" (*Stenopelmatus fuscus*, Haldeman 1852, Orthoptera: Stenopelmatidae). Las ornamentaciones de sus apéndices traseros le proporcionan un aspecto intimidante y amenazador; sus hábitos nocturnos y los sitios sombríos en que habita provocan el rechazo de la gente; adicionalmente se afirma erróneamente que es venenoso.

Estos insectos no representan un peligro para los humanos, su mordedura puede ser dolorosa ya que poseen mandíbulas muy fuertes y pueden generar laceraciones cutáneas. Cuando estos ortópteros son molestados generan un siseo con el que intimida a sus depredadores. En Álvaro Obregón, Benito Juárez y Xochimilco se afirma: "le quita la voz, el resuello y alma a los niños". Este mito posiblemente se originó en el poema "El niño mudo" de Federico García Lorca (1923): "El niño busca su voz / (La tenía el rey de los grillos.) / En una gota de agua / buscaba su voz el niño. / No la quiero para hablar / me haré con ella un anillo / que llevará mi silencio / en su dedo pequeñito. [...] (La voz cautiva a lo lejos / se ponía un traje de grillo.)". A pesar de la mala percepción hacia este insecto, tiene importancia para la agricultura por sus hábitos excavadores, ya que permite airear el suelo, facilita el desarrollo de raíces, la infiltración del agua y la incorporación de materia orgánica (Capinera *et al.* 2004).

El consumo de chapulines es una tradición milenaria arraigada en la cultura de los mexicanos desde épocas prehispánicas. Actualmente, se comen tostados, salados y enchilados. Por desinformación se les atribuye propiedades afrodisíacas debido a que su cópula es muy prolongada. Finalmente, la población de ascendencia asiática asentada en Benito Juárez y Cuauhtémoc cree que los grillos atraen la *buena suerte* y se comercializan como juguetes de plástico en jaulas de madera.

Conclusión

Los capitalinos hemos desarrollado una utopía muy compleja alrededor de los ortópteros, las sensaciones que nos inspiran son tan variadas como la diversidad misma de sus especies. Como se mostró a lo largo de esta contribución, los ortópteros son un grupo de insectos que han estado presentes en nuestra cultura desde la época prehispánica, y en la actualidad son parte de nuestra alimentación y son utilizados como inspiración artística y motivos de juegos, canciones, rondas y hasta personajes populares.

Referencias

Anónimo, 1968. *Monografía de la Zona Rural del Distrito Federal*. Editorial Sunrise, México.

Boturini, L. 1875. *La Historia General de la América Septentrional*. Archivo General de la Nación.

Capinera, J.L., R.D. Scott y T.J. Walker. 2004. *Field Guide to Grasshoppers, Katydids and Crickets of the United States*. Cornell University Press. Nueva York.

Carrillo-Ángeles, I. 2002. Profesor de asignatura A interino ordinario, Instituto de Ecología, UNAM. Comunicación personal, septiembre.

Castaño, R. De. 1975. *Fruto de sangre*. La Prensa Populibros, México.

Chavero, A. 1953. *México a través de los siglos*, vol. 1. Cumbre, México.

Códice Florentino. Archivo General de la Nación.

Códice Mendocino. Archivo General de la Nación.

Díaz del Castillo, B. 1976. Historia de la conquista de Nueva España. Porrúa, México.

García-Lorca, F. 1923. *Trasmundo*. Editorial Reverté, Barcelona.

Pérez y Pérez, R. 1995. *Corazón endiosado*. Editorial Pérez, México.

Ramírez-Vázquez, P. 2010. Secretario de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, fundador y primer rector de la UAM. Comunicación personal, enero.

Rincón, V. 1983. *Historias del Sapito Cro-Cro*. Editorial Polydor, México.

Piojos (Phthiraptera)

Zenón Cano Santana
Ariana Romero Mata

Descripción

Los piojos (orden Phthiraptera) son pequeños insectos ectoparásitos (esto es, son organismos que viven en el exterior de su hospedero causándole daño). Se alimentan de sangre, plumas, piel, pelo o secreciones de animales de sangre caliente (McGavin 2002), como aves y mamíferos (incluido el hombre). Su cuerpo mide entre 0.3 y 12 mm y es aplanado, tienen antenas cortas, ojos pequeños o ausentes y carecen de alas (McGavin 2002, Hellenthal y Price 2009). Tienen metamorfosis gradual, pues pasan sólo por tres etapas en su ciclo de vida: huevo (denominado comúnmente liendre), ninfa (muy parecida al adulto pero incapaz de reproducirse) y adulto (Vázquez 1987). En el pasado se clasificaron en dos órdenes distintos: el de los malófagos o piojos masticadores (orden Mallophaga), y los anopluros o piojos chupadores (orden Anoplura; Ibáñez-Bernal 2002). En este capítulo se revisan los piojos de la Ciudad de México.

Diversidad y distribución

En el mundo se han registrado un total de 4 900 especies de piojos (Hellenthal y Price 2009). En la Ciudad de México se reportan 26 especies y subespecies (apéndice 32), agrupadas en 10 familias, siendo las familias Philopteridae y Trichodectidae las más ricas, con seis y cinco especies, respectivamente. Considerando un listado preliminar de Cano-Santana y Ortega-Medina (no publ.) de 196 especies y subespecies existentes en el país, la entidad alberga al 13.3% de éstos. Ninguna especie de piojos aparece registrada en la NOM 059 (SEMARNAT 2010) ni en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2011). En la ciudad se han registrado piojos en perros (como *Heterodoxus spiniger* y *Trichodectes canis*), gatos (como *Felicola subrostratus*), vacas (*Haematopinus* spp. y *Bovicola bovis*), gallinas (*Menacanthus* spp. y *Goniocotes* spp.), cabras (*Linognathus africanus*), ratones domésticos (*Polyplax serrata*), palomas (*Columbicola columbae*), tuzas (*Geomydoecus* spp.) y en el ser humano (el piojo del cuerpo *Pediculus humanus capitis*, el piojo de la cabeza *Pediculus humanus corporis* y la ladilla *Pthirus pubis*), entre otros animales (apéndice 32).

Es posible que los piojos estén presentes en todos los ecosistemas de la entidad, dada la amplia distribución de sus hospederos. Se han registrado piojos en colibríes de Santa Rosa Xochiac (delegación Álvaro Obregón; Zavaleta 1943; región de Bosques y Cañadas) y en tuzas colectadas en Coyoacán y Xochimilco (regiones Serranías de Xochimilco y Milpa Alta y Parques y Jardines Urbanos; Light 2005). Por otro lado, es conocida la frecuencia con la

Cano-Santana, Z. y A. Romero-Mata. 2016. Piojos (Phthiraptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.297-300.

que seres humanos, perros, gatos y palomas que habitan las zonas urbanas suelen estar infestados por piojos (Cano-Santana obs. pers.). Hernández (1996), por ejemplo, registra incidencia de piojos en ratas y ratones que son criados para su uso en laboratorios de Ciudad Universitaria.

Importancia

En algunas culturas se hace referencia a los piojos. Por ejemplo, en la Biblia, los mencionan como la tercera plaga que afectó a los egipcios (Éxodo 8:16). Por otro lado, los piojos tenían tal significado para los aztecas, que éstos eran colocados en vasijas y depositados a los pies del rey Moctezuma como señal de respeto (Alarcón *et al*. 2001).

Este grupo tiene gran importancia médica. Los tres tipos de piojo que viven en los humanos causan la enfermedad conocida como pediculosis (Villanueva y Arenas 2010). Se sabe que hasta antes del desarrollo y uso de insecticidas como el DDT, habían muerto más personas por enfermedades transmitidas por piojos que las provocadas por las guerras (McGavin 2002). Los piojos del cuerpo son transmisores de bacterias patógenas que ocasionan el tifo epidémico (provocado por *Rickettsia prowazekii*), la fiebre de las trincheras (causado por *Bartonella quintana*) y la fiebre recurrente (cuyo agente es *Borrelia recurrentis*), las cuales desgraciadamente siguen vigentes en el país (Raoult y Roux 1999, Cortés y Gámez 2008, Sotelo y Valencia 2012).

El piojo del cuerpo vive sobre todo en la ropa de uso diario, que es donde deposita sus huevos (Kittler *et al*. 2003), aunque se le puede hallar sobre la piel o en las pijamas (KNDH 2013) y es común en las personas que viven en pobreza extrema y que carecen de medidas de higiene (Villanueva y Arenas 2010). Afortunadamente, el piojo de la cabeza (figura 1), que raramente transmite enfermedades, es el más común en la población. En este caso, la hembra adhiere las liendres al pelo con un pegamento, y el parásito pasa de una persona a otra por el contacto de cabezas e intercambio de peines, cepillos, sombreros, gorras, bufandas o audífonos, y es más frecuente en niños y adolescentes (Zúñiga y Caro 2010, Villanueva y Arenas 2010).

A principios de la década de 1950 se registraron piojos en diversas partes de la ciudad, en la colonia Héroes de Nacozari (delegación Gustavo A. Madero) se registró una frecuencia de personas infestadas por piojos de 10.2 %, mientras que en la cárcel de Xochimilco la infestación alcanzaba a 63% de las personas (Ortiz 1953). Lamentablemente, en el siglo XXI la capacidad de erradicar a los piojos que afectan al humano ha sido nula. Recientemente se han registrado epidemias por piojos que han afectado a personas de distintos estratos sociales (Zúñiga y Caro 2010). En marzo de 2010, por ejemplo, se registraron piojos en 310 niños de 29 escuelas públicas y privadas de al menos cinco delegaciones (Gustavo A. Madero, Iztapalapa, Miguel Hidalgo, Tlalpan y Venustiano Carranza; Durán 2010, *El Universal* 2010).

Este grupo también tiene importancia veterinaria, porque, además de ocasionar daño a perros, gatos, palomas, gallinas, vacas y cabras (apéndice 32), atacan a guajolotes (Losada *et al*. 2006), así como a caballos, cerdos y ovejas (Rodríguez-Vivas y Cob-Galera 2005). A las mascotas, por ejemplo, la pediculosis les ocasiona comezón, enrojecimiento de la piel, descamación, anemia e irritabilidad (Craig 2011).

En los ecosistemas naturales los piojos reducen la supervivencia y las posibilidades de conseguir pareja en los animales que infestan (McGavin 2002). En este sentido, se sabe que las aves del sexo masculino que están infestadas por piojos son menos atractivas para las hembras que los individuos que no las portan, de modo que los individuos infestados tienen poco éxito reproductivo (Hamilton y Zuk 1982).

Amenazas

Entre las amenazas más importantes para los piojos está, en primer lugar, el desconocimiento

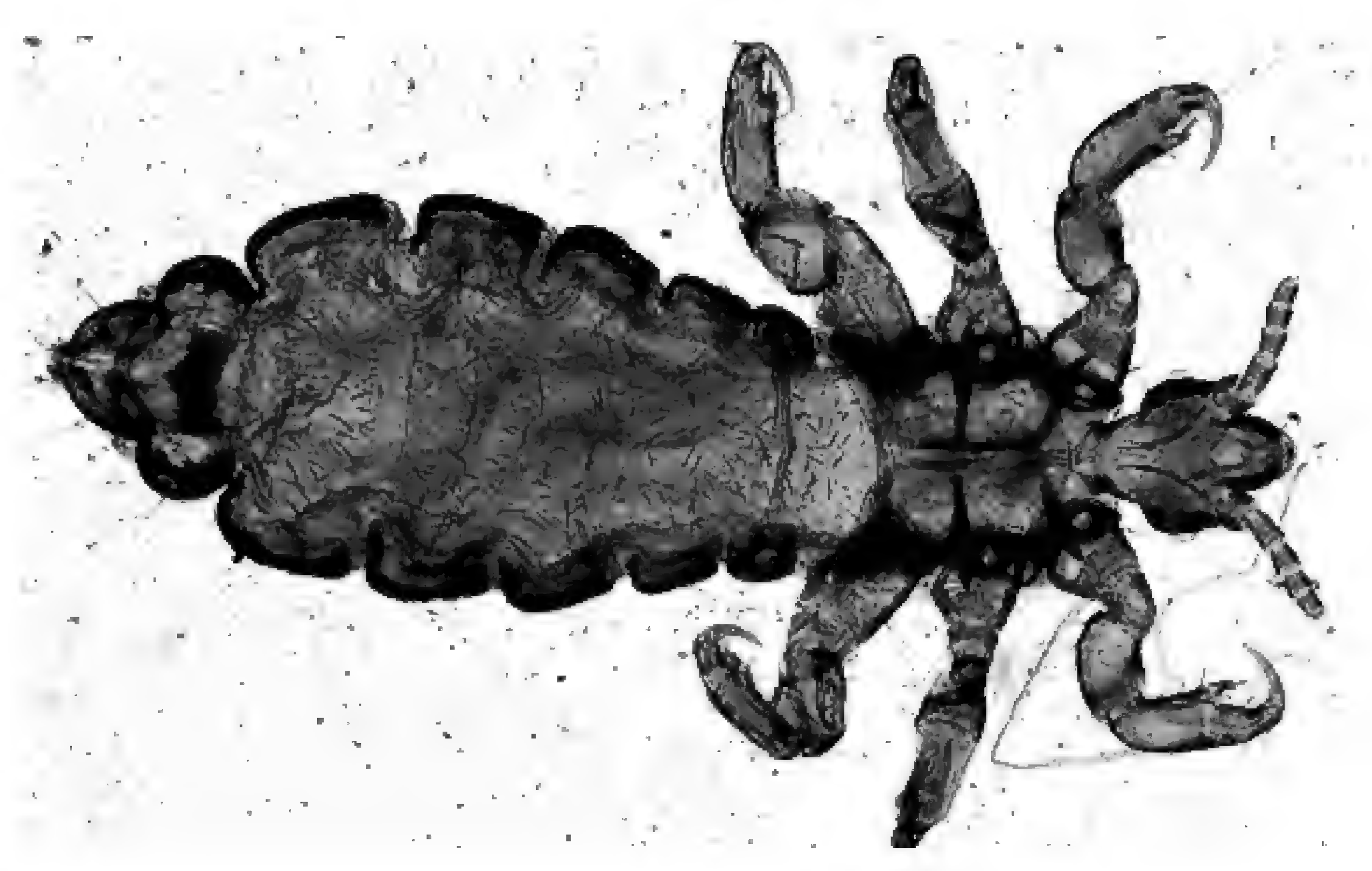


Figura 1. *Pediculus humanus capitis*, piojo que vive sobre el cabello de la población humana de la Ciudad de México. Foto: Al Bieler y J.A. Hernández/Banco de imágenes CONABIO.

que se tiene de su presencia en la fauna silvestre (Rodríguez-Vivas y Cob-Galera 2005, Losada *et al.* 2006), lo cual limita las posibilidades de evaluar su impacto en la regulación de las poblaciones silvestres de un ecosistema.

Por otro lado, y de manera importante, la presencia de piojos en una localidad y de parásitos en general se trata más bien como un problema médico y veterinario, por lo cual para muchos profesionistas no tiene sentido referirse a la conservación de este tipo de organismos. Nichols y Gómez (2010) sugieren, con mucha razón, que los parásitos son un componente importante de la biodiversidad de un país y además, son más sensibles a desaparecer que los organismos que no lo son. Por otro lado, ellos encuentran que la comunidad científica trata a los organismos parásitos (incluidos los piojos) con desagrado, abierta antipatía o, en el mejor de los casos, con desinterés.

Conclusión y recomendaciones

No hay programas de protección y conservación para los animales parásitos en el mundo y los piojos no son la excepción. Es importante que los tomadores de decisiones exijan de la comunidad científica la formación de biólogos de la conservación con bases en la protección de organismos parásitos, dado que este tipo de organismos: 1) son un componente importante de la biodiversidad; 2) juegan un papel importante en el funcionamiento de los ecosistemas (controlando a las poblaciones y reduciendo la competencia, lo cual favorece la coexistencia de especies), y 3) tienen *el mismo* valor intrínseco, estético y utilitario que los organismos de vida libre (véase Nichols y Gómez 2010).

Otra acción muy importante de conservación es la implementación de proyectos sobre el conocimiento de los piojos asociados a la fauna doméstica y silvestre. Se sabe, por ejemplo, que hay piojos en los guajolotes, caballos, cerdos, ovejas y ratas de la Ciudad de México y éstos no han sido estudiados (Rodríguez-Vivas y Cob-Galera 2005, Losada *et al.* 2006) y el problema se agrava más al tratarse de animales silvestres.

Agradecimientos

Agradecemos el apoyo a la investigación bibliográfica que hizo Raúl González-Salas y el

apoyo técnico y la revisión del manuscrito que hicieron Iván Castellanos-Vargas y Paulina Corona. Marco A. Romero también ofreció apoyo técnico y Laura Cárdenas nos facilitó la foto del Banco de imágenes de CONABIO.

Referencias

Alarcón, H., D. Hinostroza y V. Santamaría. 2001. Pediculosis pubis, presentación de un caso. *Revista del Centro Dermatológico Pascua* 10(3):130-134.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2011. Apéndices I, II y III. En: <*http://www.cites.org/esp/app/appendices.php*>, última consulta: 28 de marzo de 2012.

Cortés, M. y R. Gámez. 2008. Tifus epidémico en Nuevo León: presentación del primer caso clínico pediátrico. *Revista de Enfermedades Infecciosas en Pediatría* 22(86):56-59.

Craig, M. 2011. Louse infestation (pediculosis) in pet animals. *Companion Animal* 16:49-53.

Durán, M. 2010. Epidemia de piojos en escuelas del D.F. En: <*http://sipse.com/noticia.php?ID_NOTICIA=37322*>, última consulta: 20 de julio de 2012.

El Universal. 2010. Plaga de piojos afecta a 29 escuelas del D.F. En: <*http://www.eluniversal.com.mx/notas/667978.html*>, última consulta: 20 de julio de 2012.

Hamilton, W.D. y M. Zuk. 1982. Heritable true fitness and bright birds: a role for parasites. *Science* 218:384-387.

Hellenthal, R.A y R.D. Price. 2009 . Phthiraptera. Pp. 777-779. En: *Encyclopedia of insects*. H.V. Resh y R.T. Cardé (eds.). Academic Press, Amsterdam.

Hernández, A. M. 1996. *Determinación de ectoparásitos (ácaros y piojos) encontrados en roedores de 8 bioteros de Ciudad Universitaria*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México.

Ibáñez-Bernal, S. 2002. Entomología médica. Pp. 75-105. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. III. J. Llorente y J.J. Morrone (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Kittler, R., M. Kayser y M. Stoneking. 2003. *Molecular evolution of Pediculus humanus and the origin of clothing. Current Biology* 13:1414-1417.

KNDH. KwaZulu-Natal Department of Health. 2013. Body lice. En: <*http://www.kznhealth.gov.za/environ/vector/bodylice.htm*>, última consulta: 19 de agosto de 2013.

Light, J.E. 2005. *Host-parasite cophylogeny and rates of evolution in two rodent-louse assemblages*. Tesis Doctoral. Lousiana State University, Baton Rouge.

Losada H.J., J. Rivera, A. Cortés, *et al.* 2006. Un análisis de sistemas de producción de guajolotes (*Meleagridis gallipavo*) en el espacio suburbano de la delegación de Xochimilco al sur de la Ciudad de México. *Livestock Research for Rural Development* 18(52):11. En:<*http://www.lrrd.org/lrrd18/4/losa18052.htm*> última consulta: 9 de mayo de 2016

McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.

Nichols, E. y A. Gómez. 2010. Conservation education needs more parasites. *Biological Conservation* 144(2):937-941.

Ortiz, C. 1953. Campaña nacional contra el tifo en México. *Boletín de la Oficina Sanitaria Panamericana* 34:236-244.

Raoult, D. y V. Roux. 1999. The body louse as a vector of reemerging human diseases. *Clinical Infectious Diseases* 29:888-911.

Rodríguez-Vivas, R.I. y L.A. Cob-Galera. 2005. *Técnicas diagnósticas en parasitología veterinaria*. Universidad Autónoma de Yucatán, Mérida, Yucatán.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sotelo, N. y P. Valencia. 2012. Borreliosis, fiebre recurrente causada por espiroquetas. Informe de un caso. *Boletín Médico del Hospital Infantil de México* 69:121-125.

Vázquez, L. 1987. *Zoología del Phylum Arthropoda*. Interamericana, México.

Villanueva, R. J. y R. Arenas. 2010. Pediculosis. En: <*http://antoniorondonlugo.com/blog/wp-content/uploads/2010/03/Pediculosis.pdf*>, última consulta: julio de 2012.

Zavaleta, D. 1943. Una nueva especie de *Trochiloectes* (Mallophaga). *Anales del Instituto de Biología*, UNAM 14:613-618.

Zúñiga, I.R. y J. Caro. 2010. Pediculosis: Una ectoparasitosis emergente en México. *Revista de Enfermedades Infecciosas en Pediatría* 24(94):57-63.

Piojos de los libros (Psocoptera)

Alfonso Neri García Aldrete

Descripción

Los psocópteros son insectos alados pequeños, de cuerpo blando, con longitud máxima de 10 mm, con cabeza grande, móvil, antenas filiformes, mandíbulas asimétricas y alas membranosas, en la mayoría de las especies dispuestas en tejado sobre el dorso y con venación simple (Mockford 1993, Lienhard 1998). Son conocidos comúnmente como piojos de los libros, ya que algunas especies domícolas (o domésticas) se han encontrado en papeles o en libros viejos; son el componente no parásito del orden Psocodea, que también incluye a los piojos chupadores y masticadores (Phthiraptera) (Johnson *et al.* 2004, Bess *et al.* 2006).

Diversidad y distribución

La fauna de psocópteros de la Ciudad de México consiste en 75 especies, 24 géneros y 14 familias (apéndice 33). Representa 9.6% de la fauna de psocópteros de México, que incluye 775 especies, de las cuales 398 han sido descritas (García 2008, García, com. pers.), y representa 1.3% de la fauna mundial documentada para estos insectos (Lienhard y Smithers 2002, García 2006). Los géneros más diversos son *Lachesilla*, con 28 especies (figura 1), seguido por *Liposcelis*, con seis especies, y los géneros *Blaste*, *Ectopsocus*, *Elipsocus* y *Peripsocus* con cuatro especies cada uno (figuras 2, 3, 4 y cuadro 1). Actualmente se conoce que la única especie endémica de la ciudad es *Psyllipsocus monticolus*, ya que tiene una distribución restringida al paraje Monte Alegre, en la ladera este del cerro del Ajusco (19°14'N, 99°19'O, 3 150 msnm), y a la ladera oeste de la Sierra Nevada, Estado de México, entre los volcanes Popocatépetl e Ixtaccíhuatl (19°04' N: 98°41' O, 3 000 msnm; García 1989).

Los psocópteros han sido registrados en todos los estados de México, siendo los más ricos en especies Veracruz, Chiapas, Jalisco y Oaxaca (Mockford y García 1996). El área del sureste de México, al sur del paralelo 19° N, entre los meridianos 91° y 101° O, es la más rica en especies, con 75% del total de especies colectadas en todo el país. Esta área constituye un *hot spot* de biodiversidad, o "área crítica amenazada", de las cuales hay aproximadamente 15 en el mundo, que, aunque ocupan sólo 1% de la superficie del planeta, albergan entre 30 y 40% de la biodiversidad terrestre total (Mittermeier y Goetsch de Mittermeier 1992, Mockford y García 1996).

La Ciudad de México se encuentra en esta zona, pero la riqueza de especies de psocópteros registrada es relativamente baja porque existen muy pocos estudios formales. El único sitio donde se han llevado a cabo muestreos sistemáticos de estos insectos es en el cerro del Ajusco (Ríos 1983, Herrera 1986); así como colectas ocasionales en el campus de Ciudad Universitaria, en Los Dínamos (delegación

García Aldrete, A.N. 2016. Piojos de los libros (Psocoptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 301 a 305.



Figura 1. Foto del psocóptero *Lachesilla picticeps*.
Foto: Alfonso N. García Aldrete.



Figura 2. Foto del psocóptero *Ectopsocus briggsi*.
Foto: Alfonso N. García Aldrete.

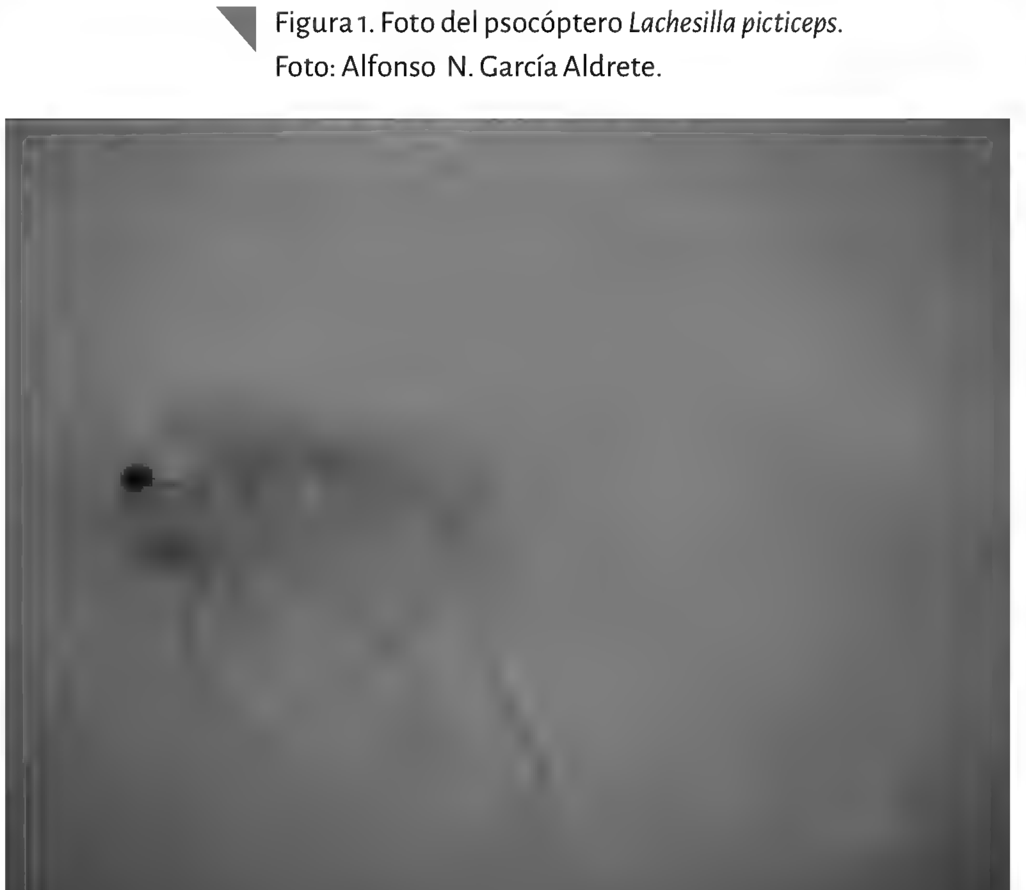


Figura 3. Foto del psocóptero *Goja eertmoedi*.
Foto: Alfonso N. García Aldrete.



Figura 4. Foto del psocóptero *Metylophorus barretti*.
Foto: Alfonso N. García Aldrete.

Magdalena Contreras), en el Desierto de los Leones, en el bosque de Chapultepec y en Lomas de Vista Hermosa. Los hábitats donde se encuentran los psocópteros son el follaje vivo y muerto (mantillo), la corteza de los árboles, la superficie de rocas y las habitaciones humanas (Mockford, com. pers., New 1987).

En la entidad los aportes más importantes de información son dos estudios de sucesión estacional y fluctuación de las poblaciones de psocópteros asociadas a una especie de abeto (*Abies* sp.) y a la agavácea *Furcraea parmentieri* (Ríos 1983, Herrera 1986), así como un estudio del ciclo de vida y estadísticas vitales del psocóptero *Lachesilla fuscipalpis* en laboratorio (Menchaca 1982), y las descripciones aisladas de algunas especies (García 1989, 1990).

Cuadro 1. Número de especies de psocópteros para los géneros que se han registrado en la Ciudad de México

Grupo taxonómico	Número de especies
Lachesilla	28
Liposcelis	6
Blaste, Ectopsocus, Elipsocus, Peripsocus	4
Amphigerontia, Hyalopsocus, Metylophorus, Philotarsus, Psyllipsocus, Trichadenotecnum, Valenzuela	2
Blastopsocus, Dasydemella, Dorypteryx, Goja, Hemipsocus, Lepinotus, Prolachesilla, Pseudorypteryx, Ptycta, Rhyopsocus, Xanthocaecilius	1

Fuente: elaboración propia.

Para tener un conocimiento significativo de este grupo de insectos se requieren más estudios, principalmente en la zona norte de la entidad.

Importancia

La importancia de los psocópteros deriva de sus hábitos herbívoros o detritívoros, ya que se alimentan de microflora o de residuos orgánicos (detritos) en las superficies donde viven. Se ha estimado que en bosques templados, la biomasa (peso seco de su materia orgánica corporal) de los psocópteros es comparable con la biomasa de grandes ungulados, como los antílopes que se alimentan en pastizales (Thornton 1985).

Las poblaciones de algunas familias de psocópteros pueden ser consumidores primarios y saprófagos (consumidores de material orgánico en descomposición) importantes (Thornton 1985). Algunos son parcialmente depredadores y, a su vez, son presa de varios depredadores artrópodos y vertebrados pequeños (aves y anfibios; Mockford 1993).

Los psocópteros pueden ser una fuente importante de alérgenos domésticos (substancias que provocan síntomas de alergia; Turner *et al.* 1996, Patil *et al.* 2001). Su importancia económica es reducida, algunos aspectos en relación a esto han sido señalados por Mockford (1993) y por New (1987), y su efecto es principalmente como plagas domésticas y de colecciones de insectos o de plantas, como plagas secundarias de granos almacenados, así como causantes de ataques de asma o como probables huéspedes intermedios de solitarias de ovejas. En la capital se ha documentado la presencia de cuatro especies de psocópteros en el Museo Nacional de las Intervenciones y de una especie en el Museo de El Carmen, que podrían ser potencialmente nocivas para las colecciones allí alojadas por su mera presencia, por las heces depositadas o por daño directo a superficies de pinturas u objetos artísticos, ya que estos insectos son roedores (Ramírez 2007).

Amenazas y conservación

Se carece de información sobre acciones de conservación, el estado y amenazas sobre los psocópteros en la Ciudad de México; asimismo, los datos sobre la relación psocóptero-planta son escasos, aunque se tiene información general sobre las preferencias de algunas especies por algunos grupos de plantas como las gramíneas, pináceas, cupresáceas, musáceas y palmas (Broadhead 1983, Thornton 1985). Sin embargo, se puede predecir que cualquier factor que afecte la cobertura vegetal en la ciudad tendrá un efecto indirecto sobre las poblaciones de artrópodos (incluidos los psocópteros).

Las acciones antropógenicas, de destrucción o de alteración de los hábitats naturales (*e.g.* megaproyectos de construcción, supervías de circulación vehicular, entre otras) tendrán un efecto negativo sobre la biota asociada a las comunidades vegetales. Los efectos de la contaminación ambiental sobre las microepífitas (plantas pequeñas que crecen sobre otras plantas y fuente de alimentación y de alberge para los psocópteros) han sido documentados. Se sabe que los cambios en estas plantas por la contaminación, pueden afectar a los psocópteros de manera directa, al perder una fuente de alimento, e indirectamente, al aumentar los índices de depredación al hacerse más conspicuos para los depredadores (Thornton 1985).

Conclusión

En el área de la Ciudad de México y zonas aledañas, son necesarias acciones de conservación que incidan positivamente, no sólo en los psocópteros, sino en todas las poblaciones de artrópodos, disminuyendo la alteración de sus hábitats, la contaminación ambiental y los efectos antropogénicos sobre las comunidades naturales. De inicio, sería fundamental una prospección faunística, para conocer las especies realmente presentes y su papel funcional en los ecosistemas naturales.

Referencias

Bess, E., V. Smith, C. Lienhard, y K.P. Johnson. 2006. Psocodea, Parasitic lice (Phthiraptera), book lice, and bark lice, version del 8 de octubre de 2006. En <*http://www.tolweb.org/psocodea/8235/2006.10.08*>, última consulta 30 de noviembre de 2010.

Broadhead, E. 1983. The assessment of faunal diversity and guild size in tropical forests with particular reference to the Psocoptera. Pp. 107-119. En: *Tropical rain forest: Ecology and management*. (S.L. Sutton, T.C. Whitmore y A.C. Chadwick, eds.). The British Ecological Society Special Publication 2.

García-Aldrete, A.N. 1989. Especies de *Psyllipsocus* (Psocoptera: Psocatropidae), de México y descripción de una especie nueva. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM, *Serie Zoología* 59:45-52.

——. 1990. Sistemática de las especies de *Lachesilla* en el grupo *rufa*. Distribución geográfica y afinidades (Insecta: Psocoptera: Lachesillidae). *Anales del Instituto de Biología*, UNAM, *Serie Zoología* 61:13-97.

——. 2006. New genera of Psocoptera (Insecta), from Mexico, Belize and Ecuador (Psoquillidae, Ptiloneuridae, Lachesillidae). *Zootaxa* 1319:1-14.

——. 2008. Psocópteros (Insectos). En: Catálogo taxonómico de especies de México, en *Capital Natural de México, Vol.* I*: Conocimiento actual de la biodiversidad*. S. Ocegeda y J. Llorente Bousquets (eds.). CONABIO, México, CD1.

Herrera, F.M.C. 1986. *Variación temporal en las poblaciones de dos especies de psócidos (Lachesilla alpha y Liposcelis sp. Insecta., Psocoptera) en Fourcraea bedinghaussi K. Koch*. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM.

Johnson, K.P., K. Yoshizawa y V.S. Smith. 2004. Multiple origins of parasitism in lice. *Proceedings of the Royal Society of London* 271:1771-1776.

Lienhard, C. 1998. *Psocoptères Euro-Méditerranéens. Faune de France* 83. Fédération Francaise des Societés de Sciences Naturelles.

Lienhard, C. y C.N. Smithers. 2002. *Psocoptera (Insecta)*. World Catalogue and Bibliography. Instrumenta Biodiversitatis V. Muséum d'histoire naturelle, Genève, Switzerland.

Menchaca L.L.B. 1982. *Ciclo de vida, tasa intrínseca de crecimiento natural (r), y curva de sobrevivencia de* Lachesilla fuscipalpis Badonnel *(Psocoptera: Lachesillidae) bajo condiciones de laboratorio*. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM.

Mittermeier, R.A. y C. Goetsch de Mittermeier. 1992. La importancia de la diversidad biológica de México. Pp. 63-73. En: *México ante los retos de la biodiversidad.* J. Sarukhán y R. Dirzo (eds). CONABIO, México.

Mockford, E.L. 1993. *North American Psocoptera (Insecta).* Flora & Fauna Handbook No. 10. Sandhill Crane Press, Inc. Gainesville, Florida-Leiden, The Netherlands.

Mockford, E.L. y A.N. García A. 1996. Psocoptera. Pp. 16. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento.* J.E. Llorente Bousquets, A.N. García Aldrete y E. González Soriano (eds.). Instituto de Biología, UNAM.

New, T.R. 1987. Biology of the Psocoptera. *Oriental Insects* 21:1-109.

Patil, M.P., P.V. Niphadkan y M.M. Bapat. 2001. *Psocoptera* spp. (Book louse): a new major household allergen in Mumbai. *Annals of Allergy, Asthma & Immunology* 87:151-155.

Ramírez M.S.J. 2007. *Coleópteros e Isópteros (Insecta: Coleoptera, Isoptera) que afectan la madera de los bienes culturales en los museos de la Ciudad de México: Las Intervenciones, El Carmen y Franz Mayer.* Informe final de Servicio Social, UAM-Xochimilco.

Ríos, J.E. 1983. *Sucesión estacional y fluctuaciones en las poblaciones de Psocoptera (Insecta) asociadas con abeto* (Abies religiosa *Schl.) en el cerro del Ajusco,* D.F. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM.

Thornton, I.W.B. 1985. The geographical and ecological distribution of arboreal Psocoptera. *Annual Review of Entomology* 30:175-196.

Turner, B., N.A. Staines, J. Brostoff, C.A. Howe y K. Cooper. 1996. Allergy to psocids in the UK Pp. 609-611 Proceedings of the 2nd International Conference on Insect Pests in the Urban Environment. Edinburgh, UK

Chinches y chicharritas (Hemiptera)

Zenón Cano Santana
Ariana Romero Mata

A la memoria del Dr. Luis Cervantes Peredo (1962-2015), quien estudió con gran pasión a los hemípteros.

Y soy un extranjero infeliz
chanteando por las calles de México [...]
—si voy a cines baratos
las chinches me atrapan...
No puedo permitirme cines caros
—Si no hago nada
nada lo hace.
Jack Kerouac (1960)
(*Soledad mexicana*, fragmento)

Descripción

Los hemípteros (orden Hemiptera) son insectos cuyas estructuras bucales conforman una proboscis (una estructura alargada y tubular) picadora y chupadora, y dos pares de alas (aunque algunas especies no las tienen; Preston-Mafham y Preston-Mafham 2000). Realizan una metamorfosis incompleta, es decir, pasan por las etapas de huevo, ninfa y adulto, de manera tal que las etapas inmaduras (las ninfas) van creciendo y desarrollando poco a poco sus alas.

Este grupo suele dividirse en los subórdenes: Heteroptera (heterópteros) y Homoptera (homópteros), aunque clasificaciones recientes sugieren que su subdivisión es más compleja (McGavin 2002). Los homópteros son herbívoros que se caracterizan por tener dos pares de alas membranosas y proboscis corta que se inserta en la parte posterior de su rostro; incluye a las cigarras, las chicharritas, los pulgones, las mosquitas blancas, los insectos escama y los insectos espina (Borror y White 1970). Los heterópteros (chinches verdaderas) se caracterizan por tener el par de alas anterior endurecido en su base, conocidas como hemiélitros (aunque algunas pocas especies no las tienen), y su larga proboscis se inserta en la parte frontal del rostro, aunque la pueden doblar hacia atrás. Entre los heterópteros se incluyen a especies herbívoras, depredadoras y parásitas de vertebrados, así como a especies terrestres y acuáticas. Algunas especies de este grupo son las chinches de cama (*Cimex* spp.), jumiles (*Edessa* spp.), wilis (*Stenomacra marginella*; figura 1) y zapateros o patinadores (figura 2; Borror y White 1970, Slater y Baranowski 1978, Vázquez 1987, Arnett 1993). En este capítulo se revisa la diversidad de hemípteros de la Ciudad de México.

Diversidad

Los hemípteros agrupan a 88 000 especies conocidas en el mundo (Chapman 2009). Borror y colaboradores (1992) registraron 50 000 especies de heterópteros y 32 000 de homópteros. En México se han registrado 8 389 especies de hemípteros, 5 609 de heterópteros y 2 780 de

Cano-Santana, Z. y A. Romero-Mata, 2016. Chinches y chicharritas (Hemiptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.306-313.

Figura 1. Agregación de ninfas y adultos de "wilis" (*Stenomacra marginella*; Hemiptera, Heteroptera). Foto: Raúl Iván Martínez Becerril.



Figura 2. Patinadores del género *Gerris* (Heteroptera) en los estanques del Jardín Botánico de Ciudad Universitaria. Foto: Antar M. Pérez-Botello e Ixchel S. González-Ramírez.

homópteros (CONABIO 2008); en tanto que en la Ciudad de México se registran 255 especies: 103 de heterópteros pertenecientes a 19 familias y 152 de homópteros pertenecientes a 21 (cuadro 1), lo que constituye 1.8 y 5.4% de las especies registradas en el país, respectivamente (3.0% global). Las familias más importantes por el número de especies que registran en la entidad son Lygaeidae (28) y Pentatomidae (16), entre Heteroptera, así como Cicadellidae (59) y Aphididae (52), entre los Homoptera (cuadro 1; apéndice 34). Ningún hemíptero está registrado en la NOM 059 (SEMARNAT 2010) ni en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2011).

Distribución

Los hemípteros se encuentran distribuidos ampliamente en todas las regiones y hábitats de la ciudad. Los heterópteros de hábitos acuáticos (familias Belostomatidae, Corixidae, Notonectidae y Gerridae) son comunes en los la región de Humedales de Xochimilco y Tláhuac, así como en estanques y pozas de la región de Parques y Jardines Urbanos. Entre éstos se hallan los patinadores (*Gerris remigis*; Gerridae) registrados en Xochimilco y en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA; López-Rojas 2004, Rueda-Salazar y Cano-Santana 2009; figura 2).

Cuadro 1. Número de especies y subespecies por familia de hemípteros (subórdenes Heteroptera y Homoptera).

Heteroptera		Homoptera	
Familia	**Número de especies y subespecies**	**Familia**	**Número de especies y subespecies**
Anthocoridae	1	Adelgidae	1
Belostomatidae	10	Aleyrodidae	1
Cimicidae	2	Aphelinidae	1
Coreidae	8	Aphididae	52
Corixidae	6	Aphrophoridae	1
Gerridae	1	Calophydae	1
Largidae	2	Cercopidae	3
Lygaeidae	28	Cicadellidae	59
Mesoveliidae	1	Cixiidae	2
Miridae	6	Coccidae	5
Nabidae	1	Dactylopiidae	1
Nepidae	3	Derbidae	1
Notonectidae	2	Diaspididae	3
Pentatomidae	16	Flatidae	1
Pyrrhocoridae	1	Issidae	5
Reduviidae	9	Kermesidae	1
Rhopalidae	2	Margarodidae	1
Tingidae	3	Membracidae	9
Veliidae	1	Pseudoccoccidae	2
		Psyllidae	1
		Triozidae	1
Total	103	**Total**	152

Fuente: elaboración propia.

En Xochimilco también se ha registrado la presencia del complejo de especies de chinches acuáticas de las especies *Corisella mercenaria*, *C. texcocana*, *C. edulis*, *Krizousacorixa femorata*, *K. azteca* (todos de la familia Corixidae) y *Notonecta unifasciata* (Notonectidae; López-Rojas 2004), que en estado juvenil y adulto son llamadas todas ellas *axayácatl*, en tanto que sus huevecillos son llamados *ahuahutle*.

En la REPSA se han registrado 31 especies de heterópteros y 61 de homópteros (Rueda-Salazar y Cano-Santana 2009), sin considerar las especies de homópteros que recientemente contabilizó Mariño-Pérez *et al.*(2012; apéndice 34). En esta zona las tres especies de hemípteros más evidentes son: los wilis, *indecorus* que se alimenta de dalias silvestres (Heteroptera, figura 3), y el insecto escama *Ceroplastes albolineatus* (Homoptera: Coccidae), que se alimenta del palo loco (*Pittocaulon praecox*; Padilla-Hernández 2007).

Un hecho que confirma la idea de la amplia distribución de los hemípteros en la entidad es que la conchuela del eucalipto (el homóptero exótico *Glycaspis brimblecombei*; figura 4) se distribuye en sus 16 delegaciones (Cantoral-Herrera 2015). Además, se tienen registros documentados de otros hemípteros en las delegaciones Tláhuac (*e.g.*, *Perillus bioculatus*, Heteroptera; Leyte 2000), Tlalpan (la chinche parásita de murciélagos *Cimex pilosellus*; Villegas-Guzmán *et al.* 2003) y Milpa Alta (e.g., *Hesperolabops gelastops*, Heteroptera; Palomares *et al.* 2007), así como en el arbolado del bosque de Chapultepec (e.g., el heteróptero *Tropidosteptes chapingoensis* y el homóptero *Pulvinaria* sp.; GDF 2010). Asimismo, es posible que la chinche de cama *Cimex lectularius* esté presente en casas habitación de todas las zonas urbanas de la ciudad, aunque se carece de datos precisos.

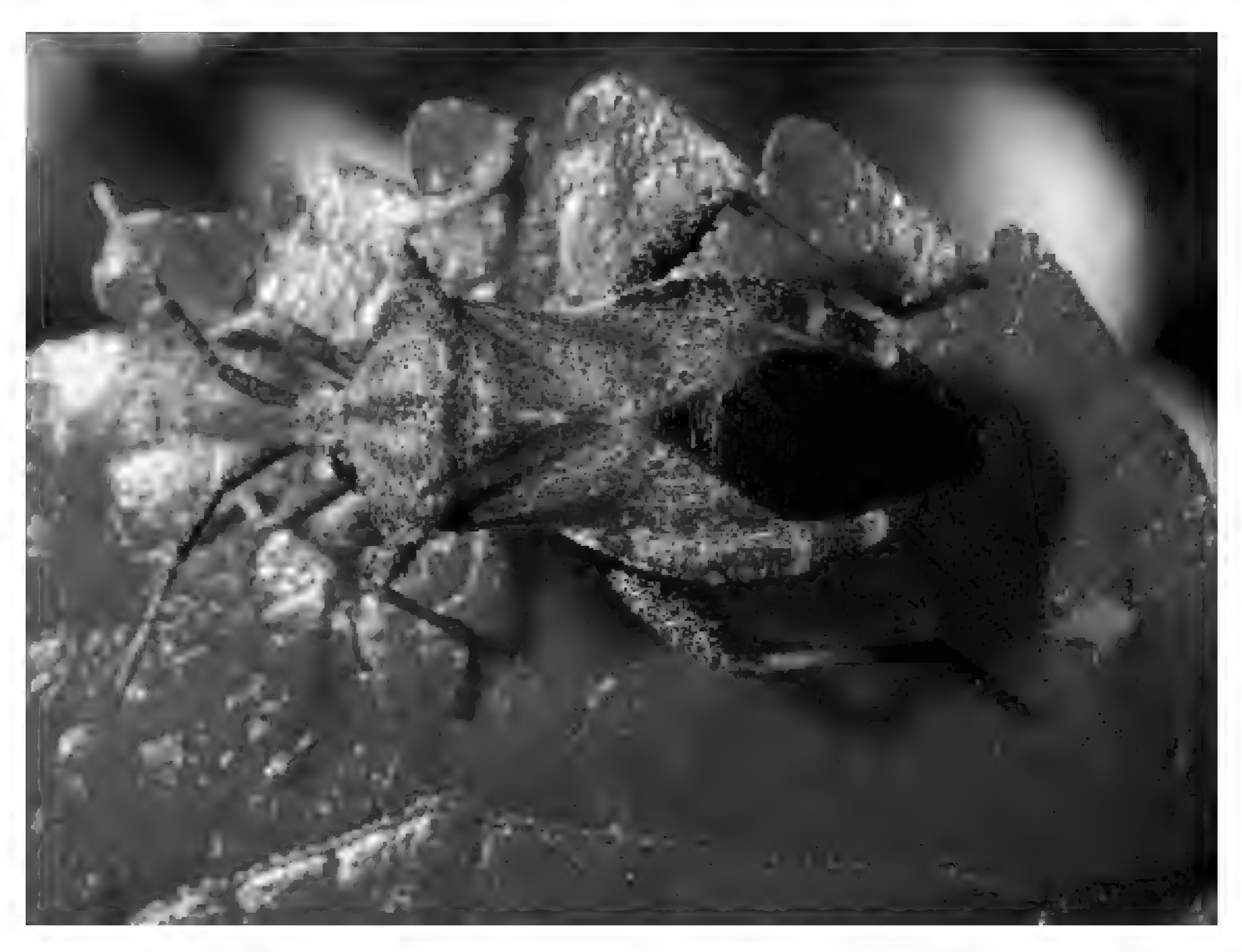


Figura 3. La chinche herbívora *Piezogaster indecorus* sobre una dalia silvestre (Dahlia coccinea) en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. Foto: Ernesto Navarrete.



Figura 4. Ninfas de la conchuela del eucalipto (*Glycaspis brimblecombei*) en árboles de las chinampas de Xochimilco. Foto: Zenón Cano-Santana.

Importancia

Los hemípteros cumplen varias funciones en los ecosistemas terrestres y acuáticos de la entidad, pues son depredadores, parásitos o herbívoros (Daly *et al.* 1978). Los wilis, por ejemplo, son omnívoros, pues se alimentan de los jugos de las hojas, flores y frutos de las plantas, de otros insectos vivos o muertos y de los jugos de las excretas de vertebrados (Padilla-Hernández 2007). Pueden tener un efecto benéfico, pues llegan a alimentarse de muchas especies de insectos que atacan a los cultivos en las zonas agrícolas de la ciudad (López-Rosas 2009), pero también llegan a representar plagas de los árboles de la ciudad o de los cultivos (Cibrián *et al.* 1995, Leyte 2000, GDF 2010).

Por otro lado, ciertas chinches tienen importancia médica. La chinche besucona *Triatoma barbieri* transmite la enfermedad de Chagas a los humanos provocada por el protozoario *Trypanosoma cruzi* (Ibáñez-Bernal 2002), la cual está registrada en la Ciudad de México con una incidencia intermedia respecto al resto de las entidades del país (Martínez 2003, Ramsey *et al.* 2003). La transmisión del parásito al humano ocurre por el contacto de las heces de una chinche portadora con el torrente sanguíneo a través de la herida que produce el insecto al alimentarse de sangre (Uberos 2011) y, aunque no hay estudios concluyentes, la incidencia de esta enfermedad en la ciudad se debe sobre todo a la infección que adquieren los capitalinos al viajar al interior del país, sobre todo a Cuernavaca (Ramsey *et al.* 2003).

Otro heteróptero de importancia médica en la capital es la chinche de cama *Cimex lectularius*, que últimamente ha aumentado su incidencia en todo el mundo, lo cual

está asociado a que ciertas poblaciones han adquirido resistencia a varios insecticidas y a que se han diseminado a través de las personas que hacen viajes internacionales (Doggett *et al.* 2012). Aunque su presencia en la ciudad es evidente (Lajous 2011, Cano-Santana obs. pers.), no ha sido sujeta a estudios epidemiológicos, médicos o taxonómicos, quizá debido a que no se ha probado su papel como transmisor de enfermedades graves (Doggett *et al.* 2012). Esta chinche chupadora de sangre humana ocasiona molestias leves a moderadas e incluye presencia de ronchas en el área en la que pican, así como la alteración psicológica que provoca en los habitantes de una casa al enfrentarse con la presencia de estos molestos insectos (Doggett *et al.* 2012). La gran frecuencia de compañías que se dedican al control de poblaciones de este insecto en la entidad (en 13 delegaciones, según una revisión realizada por los autores en julio de 2012) sugiere una amplia distribución de chinches de cama en la ciudad.

El escritor Jack Kerouac (1960) menciona esta chinche en su poema "Soledad mexicana", con la que seguramente se encontró en los cines de la ciudad. Lamentablemente, es tan poca la información que se tiene sobre este tipo de chinches, que, aunque en muchos casos se puede tratar de *C. lectularius*, cabe la posibilidad de que ésta coexista con la chinche de cama tropical *C. hemipterus* (Ibáñez-Bernal 2002, Hoffmann *et al.* 2004).

Otros heterópteros tienen importancia alimentaria, como son el *axayácatl* y el *ahuautle*, que se consumen secos o en tamales (Ramos-Elorduy *et al.* 2006), o los jumiles y las chinches apestosas (*Euschistus* spp.), las cuales también se usan en la medicina tradicional para tratar el bocio (Ramos-Elorduy 2004). Estos dos últimos tipos de chinches tienen, además, importancia cultural, pues entre los nahuas y los xochimilcas se consideran un símbolo de la unión y la comunicación (Ramos-Elorduy 2004).

Por otra parte, los hemípteros herbívoros tienen importancia económica debido a que se han registrado como plagas, tales como los homópteros *Pulvinaria* sp. (en el pirul chino, *Schinus terebinthifolius*), *Empoasca solana* (en la hierbabuena, *Mentha spicata* var. *tashkent*), *E. fabae* (en la alfalfa, *Medicago sativa*) y los pulgones *Myzus persicae* (en la coliflor, *Brassica oleracea* var. *botrytis*) y *Macrosiphum euphorbiae* (en la calabaza, *Cucurbita* sp.), así como los heterópteros *T. chapingoensis* (en el fresno, *Fraxinus uhdei*) y los wilis (en el tomate, *Solanum lycopersicum*; el chilacayote, *Cucurbita ficifolia*; la acelga, *Beta vulgaris* var. *cicla*; el cempasúchil, *Tagetes erecta*; el betabel, *Beta vulgaris*; el fresno, *Fraxinus uhdei* y el ahuejote, *Salix bonplandiana*; Cibrián *et al.* 1995, Leyte 2000, López-Rosas 2009, GDF 2010).

Amenazas y conservación

La gran mayoría de los hemípteros son silvestres, por lo que este grupo está siendo afectado por la disminución de áreas destinadas a albergar cuerpos de agua y vegetación, como lagos, canales, ríos, estanques, patios, parques, jardines, terrenos baldíos y zonas dedicadas a la agricultura y al pastoreo (Ezcurra *et al.* 2006, Sheinbaum 2008), así como por la disminución de zonas conservadas en las áreas naturales protegidas y los ecosistemas naturales no protegidos, todos los cuales constituyen hábitats valiosos para ellos. La desaparición de bosques y matorrales conservados conlleva a la extinción de muchos invertebrados que habitan en ellos, tal como se ha sugerido que ocurre con los moluscos (Naranjo-García y Fahy 2010).

Es importante proteger las áreas despobladas de las delegaciones que aún las poseen, como Miguel Hidalgo, Cuajimalpa, Magdalena Contreras, Tlalpan, Milpa Alta, Xochimilco y Tláhuac (INEGI 2001), ya que estas pueden llegar a albergar una cantidad no conocida pero considerable de especies de hemípteros y de otros animales invertebrados. En este sentido, una estrategia adecuada ha sido la instauración de áreas naturales protegidas en muchas delegaciones (véase Sheinbaum 2008), con lo

que se favorece la protección de especies de insectos y otros invertebrados que aún están pasando desapercibidas para la ciencia. Asimismo, es importante diseñar programas que eviten la pérdida y contaminación de los cuerpos de agua de la capital que provocan la desaparición y deterioro de hábitats disponibles para muchas especies de chinches acuáticas. Otra política adecuada es la implementación de acciones de restauración ecológica que estén acompañadas del uso de plantas nativas del valle de México para la reforestación de las áreas verdes tanto rurales como urbanas (Sheinbaum 2008).

Conclusión

A pesar del esfuerzo realizado en esta contribución, es posible que algunas referencias importantes sobre los hemípteros no hayan sido localizadas y, por tanto, no tomadas en cuenta en este capítulo, por lo cual se deben canalizar esfuerzos para completar esta lista con la literatura no tomada en cuenta, así como la que se sigue produciendo. Asimismo, se requiere hacer más trabajo de colecta de hemípteros por todo el territorio de la Ciudad de México, promoviendo entre la comunidad científica las investigaciones de campo que permitan conocer más a estos insectos. En particular, se requieren estudios sobre las chinches de cama de la ciudad, pues como se mencionó, se desconoce su incidencia y qué especies se presentan en las casas.

Agradecimientos

Agradecemos a Daniela Fernández y Luis Alberto Bernal su apoyo en el trabajo de investigación bibliográfica. A Iván Castellanos-Vargas y a Paulina Corona por su apoyo técnico y la revisión de este manuscrito. Asimismo, agradecemos a Ernesto Navarrete, Marcela Pérez Escobedo, Ixchel González, Antar Pérez Botello, Carlos Cordero y Raúl Iván Martínez Becerril, por su ayuda para tener fotos que ilustran este capítulo.

Referencias

Arnett, R. 1993. *American insects. A handbook of the insects of America North of Mexico.* Sandhill Crane, Gainesville, Florida.

Borror, D.J. y R.E. White. 1970. *A field guide to the insects of America North of Mexico.* Houghton Mifflin, Boston.

Borror, D.J., C.A. Triplehorn y N.F. Johnson. 1992. *An introduction to study of insects.* Saunders College, Fort Worth.

Cantoral-Herrera, M.T. 2015. *Control biológico de* Glycaspis brimblecombei *en las áreas verdes del Distrito Federal.* Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Chapman, A.D. 2009. *Numbers of living species in Australia and the world.* Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts; Gobierno de Australia, Canberra.

Cibrián, D., J.T. Méndez, R. Campos, *et al.* 1995. Insectos forestales de México. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2011. Apéndices I, II y III, En: <*http://www.cites.org/esp/app/appendices.php*>, última consulta: 28 de marzo de 2012.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2008. *Capital natural de México,* vol. I. México.

Daly, H.V., J.T. Doyen y P.P. Ehrlich. 1978. *Introduction to insect biology and diversity.* McGraw-Hill, Tokio.

Doggett, S.L., D.E. Dwyer, P.F. Peñas y R.C. Russell. 2012. Bed bugs: Clinical relevance and control options. *Clinical Microbiology Reviews* 25(1):164-192.

Ezcurra, E., M. Mazari, I. Pisanty y A.G. Aguilar. 2006. *La cuenca de México.* FCE, México.

GDF. Gobierno del Distrito Federal. 2010. Condiciones de salud del arbolado de la 2ª sección del Bosque de Chapultepec. En: <*http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/salud_arbolado.pdf*>, última consulta: 9 de septiembre de 2013.

Hoffmann, A., M.G. López-Campos e I.M. Vázquez-Rojas. 2004. Los artrópodos de las cavernas de México. Pp. 229-326. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. IV. J.E. Llorente, J.J. Morrone, O. Yáñez e I. Vargas (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Ibáñez-Bernal, S. 2002. Entomología médica. Pp. 75-105. En: *Biodiversidad,taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. III. J. Llorente y J.J. Morrone (eds.). CONABIO/UNAM, México.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2001. Estadísticas del medio ambiente del Distrito Federal y Zona Metropolitana 2000. Aguascalientes, Aguascalientes.

Kerouac, J. 1960. *Pomes all sizes*. City Lights Books (1992), San Francisco.

Lajous, A. 2011. Enchinchar. En: <*http://www.eluniversal.com.mx/editoriales/54940.html*>, última consulta: 9 de septiembre de 2013.

Leyte, A. 2000. *Insectos plaga en cultivos hortícolas de San Pedro Tláhuac*. Informe de servicio social de Licenciatura. UAM-Xochimilco, México.

López-Rojas, E. 2004. *Catálogo ilustrado de la biota de Xochimilco y análisis de la biota registrada en los últimos cien años. (I) Microbiota e invertebrados*. Informe de servicio social de Licenciatura. UAM-Xochimilco, México.

López-Rosas, F.J. 2009. *Artrópodos asociados al cultivo de hierbabuena (*Mentha spicata L. *var.* tashkent*) en el predio Las Ánimas, Tulyehualco, D.F.* Informe de servicio social de Licenciatura. UAM-Xochimilco, México.

Mariño-Pérez, R., I. Pacheco-Rueda y C. Dietrich. 2012. Listado preliminar de Auchenorryncha (Insecta: Hemiptera) de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México. *Acta Zoológica Mexicana* (n.s.) 28:280-286.

Martínez, F.S. 2003. La prevención y el control de las enfermedades transmitidas por vectores en México. Pp. 79-83. En: *Iniciativas para la vigilancia y el control de la enfermedad de Chagas en la República Mexicana*. J. M. Ramsey, A. Tello y J.L. Pohls (eds.). Instituto Nacional de Salud Pública, Cuernavaca, Morelos.

McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.

Naranjo-García, E. y N.E. Fahy. 2010. The lesser families of Mexican terrestrial molluscs. *American Malacological Bulletin* 28:59-80.

Padilla-Hernández, L. 2007. *Proyecto de un manual ilustrado de historia natural de la Reserva del Pedregal de San Ángel*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Palomares, M., M.S. Ramírez, F. Ponce y V.M. Pinto. 2007. Etiología del cacarizo del nopal verdura (*Opuntia* sp.) en Milpa Alta, D.F. *Entomología Mexicana* 6(1):689-692.

Preston-Mafham, K. y R. Preston-Mafham. 2000. *The natural world of bugs and insect*. PRC Publisher, Londres.

Ramos-Elorduy, J. 2004. La etnoentomología en la alimentación, la medicina y el reciclaje. Pp. 329-416. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. IV. J. Llorente, J.J. Morrone, O. Yañez e I. Vargas (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Ramos-Elorduy, J., J. M. Pino y M. Conconi. 2006. Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia Entomológica Mexicana* 45(3):291-318.

Ramsey, J.M., R. Ordóñez, A. Tello, *et al*. 2003. Actualidades sobre la epidemiología de la enfermedad del Chagas en México. Pp. 85-103. En: *Iniciativas para la vigilancia y el control de la enfermedad de Chagas en la República Mexicana*. J.M. Ramsey, A. Tello y J.L. Pohls (eds.). Instituto Nacional de Salud Pública, Cuernavaca, Morelos.

Rueda-Salazar, A.M. y Z. Cano-Santana. 2009. Artropodofauna. Pp. 171-211. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana nom-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sheinbaum, C. 2008. *Problemática ambiental de la Ciudad de México. Diagnóstico y experiencias de gestión 2001-2006*. Limusa, México.

Slater, A.J. y R.M. Baranowski. 1978. *How to know the true bugs* (Hemiptera-Heteroptera). W.C. Brown Co., Dubuque, Iowa.

Uberos, J. 2011. Enfermedad de Chagas. *Boletín de la Sociedad de Pediatría de Andalucía Oriental* 5(4):167-172.

Vázquez, G.L. 1987. *Zoología del Phylum Arthropoda*. Interamericana, México.

Villegas-Guzmán, G.A., J. Polaco, F.J. Navarro y M. Vargas. 2003. Nuevo registro de *Cimex pilosellus* (Horvath, 1912) (Hemiptera: Cimicidae) en murciélagos de México. *Vertebrata Mexicana* 13:7-10.

Trips (Thysanoptera)

Roberto Miguel Johansen Naime
Áurea Micaela Mojica Guzmán
Elizabeth Mejorada Gómez

Descripción

Los trips o tisanópteros (Thysanoptera) constituyen un orden de artrópodos de la clase Insecta y se encuentran entre los insectos alados más pequeños, generalmente 0.3–5.0 mm, aunque hay ejemplares tropicales de hasta 14 mm (Johansen y Mojica-Guzmán 1997). Comúnmente son de color amarillo, blanco, castaño-amarillento o negro y se encuentran en todo tipo de vegetación. Muchas especies son depredadoras y algunas otras, parasitoides. Su cabeza es de forma generalmente cuadrangular con un par de ojos compuestos y de dos a tres ocelos, aunque éstos están ausentes en las especies que carecen de alas. Tienen un par de antenas que están compuestas, por lo general, de siete u ocho segmentos (hay especies con antenas de cinco a seis y hasta nueve segmentos), éstas se encuentran articuladas en la parte frontal de la cabeza y se ubican frente a los ojos compuestos.

Las alas son membranosas, muy angostas y se caracterizan por llevar un fleco marginal de pelos, que es de donde se deriva el nombre del orden (del griego *thysanos*, fleco). Entre los trips existen individuos con alas completamente desarrolladas (macrópteros; figuras 1 y 2), otros con alas reducidas (braquípteros y micrópteros) o desprovistos de ellas (ápteros; figuras 3 y 4). Su abdomen es alargado, compuesto por 10 segmentos bien desarrollados. El orden se divide en dos subórdenes: Terebrantia, cuyo nombre se deriva de la presencia de un ovipositor en forma de terebra o sierra en las hembras, y Tubulifera, con adultos de ambos sexos que presentan el último segmento abdominal en forma de tubo (Borror *et al.* 1992).

Importancia

Entre los trips existen varias especies que representan un impacto económico, ya que son plagas de importantes productos agrícolas en México. Este impacto radica en los hábitos alimentarios que presentan, pues la mayoría son fitófagos foliares y florales (figuras 1 a 4). En el valle de México, los cultivos que se ven afectados por trips son: nopal comestible, *Opuntia ficus indica* (afectado por *Neohydatothrips opuntiae*); laurel de indias, *Ficus microcarpa* y laurel benjamín, *F. benjamina* (afectados por *Gynaikothrips ficorun*); gladiola *Gladiolus* sp. (afectado por *Thrips simplex*); cebolla Allium cepa (afectado por *Thrips tabaci*); y flores de ornato de diversas especies de la región de Xochimilco, entre las que destacan los rosales, *Rosa* spp. (afectados por *Frankliniella occidentalis*). También se conocen especies depredadoras y parasitoides que reducen los tamaños poblacionales de pequeños ácaros e insectos (Johansen-Naime y Mojica-Guzmán 2009).

Johansen-Naime, R.M., A. Mojica-Guzmán y E. Mejorada-Gómez. 2016. Thrips (Thysanoptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 314-319.



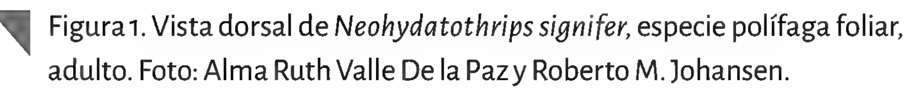


Figura 1. Vista dorsal de *Neohydatothrips signifer,* especie polífaga foliar, adulto. Foto: Alma Ruth Valle De la Paz y Roberto M. Johansen.



Figura 2. Vista dorsal de *Plesiothrips tricolor* adulto. Foto: Carmen Loyola Blanco.



Figura 3. Vista dorsal de un adulto de *Aptinothrips rufus*.
Foto: Roberto M. Johansen.



Figura 4. Vista dorsal de *Kurtomathrips anahuacensis* adulto.
Foto: Carmen Loyola Blanco.

Diversidad y distribución

El número de especies del Orden Thysanoptera es aproximadamente de 5 mil en el mundo (Mound y Marullo 1996) y en México se calcula que hay aproximadamente 700 especies, las cuales se registran en todas las regiones fisiográficas del país, desde el nivel del mar hasta los 4 200 msnm (Johansen y Mojica-Guzmán 1996).

Como antecedentes del conocimiento de los trips de la Ciudad de México, se encuentran los numerosos trabajos de Priesner (1924, 1925*a*, *b*, 1932, 1933*a*, *b*, 1960), donde se describieron y registraron especies del valle de México. Posteriormente, se agregaron los trabajos específicos acerca de los trips del Pedregal de San Ángel, como son los de Johansen (1974a, b, 1976, 1977, 1978, 1979, 1980, 1983, 1987, 2000) y el de Johansen y Mojica-Guzmán (2003). Otro trabajo muy importante es el de Mendieta-Sevilla (1981), el cual ha servido de base importante de la información entomológica y de plantas hospederas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (véase Johansen y Mojica-Guzmán, 2009).

Hasta la fecha, el orden Thysanoptera tiene 97 especies registradas en la ciudad pertenecientes a 30 géneros (16 del Suborden Terebrantia y 14 del Suborden Tubulifera) y son agrupadas en tres familias (apéndice 35). Esta entidad contiene casi 14% de los trips registrados en la república mexicana. Los géneros con mayor número de especies dentro de la entidad son *Frankliniella*, con 38 especies fitófagas, y *Leptothrips*, con seis especies depredadoras. La mayoría de los ejemplares de tisanópteros utilizados en el presente estudio proceden de la colección de Thysanoptera, en la Colección Nacional de Insectos del Instituto de Biología de la UNAM, pero en otros casos proceden de colecciones extranjeras, como la del United States National Museum de Beltsville, Maryland, EUA. (*Anaphothrips mexicanus* y *A. sudanensis*; Nakahara 1995) y la del Senckenberg Forschungsinstitut de Frankfurt am Main, Alemania (*Thrips addendus*; Priesner 1933*b*).

La Ciudad de México tiene registros en cuatro regiones de la entidad: 1) Pedregal de San Ángel (PSA), 2) Sierra de Ajusco y Xochimilco (SAX), 3) Sierra de Las Cruces (SC), y 4) Zona urbana de la Ciudad de México (CM). PSA y SAX son las que presentan la mayor diversidad de tisanópteros, con 58 y 46 especies, respectivamente; en tanto que en las zonas CM y SC se registran sólo 15 y seis especies, respectivamente (apéndice 35). Se sabe que en PSA los trips utilizan como plantas hospederas a 40 especies, entre las que destacan el palo loco (*Pittocaulon praecox*), la trompetilla (*Bouvardia ternifolia*), la gasparilla (*Reseda luteola*) y el tepozán (*Buddleja cordata* subsp. *cordata*; Mendieta-Sevilla 1981, Johansen y Mojica-Guzmán 2009).

En la entidad se registran 13 especies micófagas (que se alimentan de hongos) que viven en la capa superficial de materia vegetal muerta, conocida como mantillo, cinco de las cuales son esporófagas (que se alimentan únicamente de las esporas de hongos); asimismo, se hallaron 70 especies fitófagas de hojas y flores (15 de las cuales habitan en pastos), ocho especies son de interés agrícola y forestal, una especie es parasitoide (*Torvothrips*) y ocho son depredadoras (*Aeolothrips* y *Leptothrips*). Estas últimas son de interés por el control biológico natural que ejercen sobre pequeños ácaros e insectos fitófagos (apéndice 35). No se conocen endemismos a nivel nacional. Por otro lado, las especies de trips de la Ciudad de México tienen como mayor amenaza la destrucción de sus hábitats naturales, por el cambio de uso de suelo.

Conclusión y recomendaciones

El Pedregal de San Ángel, Xochimilco y la Sierra de Ajusco han sido estudiados satisfactoriamente, mientras que los del suelo urbano de la Ciudad de México (tomando en cuenta el área que ocupan las delegaciones

Cuauhtémoc, Benito Juárez, Miguel Hidalgo y Venustiano Carranza), la Sierra de las Cruces (delegación Magdalena Contreras) y el Parque Nacional Desierto de los Leones (delegación Cuajimalpa) requieren estudios modernos a profundidad. Por último, el Pedregal de San Ángel, así como la región de Xochimilco, podrían ser estudiadas tomando en cuenta otras plantas hospederas, de manera que se pueda ampliar el catálogo de tisanópteros de la ciudad.

Agradecimientos

Nuestro reconocimiento y agradecimiento, por sus aportaciones en trabajo de campo y ejemplares de tisanópteros donados, a María del Carmen Mendieta Sevilla (†1986), Raúl Mac Gregor L. (†1983), Javier R. Butze, William López-Forment Conrad, Alfonso Delgado Salinas, Rodrigo Medellín, Alfonso N. García y Héctor Rivera. A Carmen Loyola Blanco le agradecemos su ayuda en la elaboración de las fotomicrografías.

Referencias

Borror, D.J., C.A. Triplehorn y N.F. Johnson. 1992. *An introduction to the study of insects*. Saunders College Publishing, Fort Worth, TX.

Johansen, R.M. 1974*a*. Nuevos tisanópteros mexicanos del género *Haplothrips* (Thysanoptera: Phlaeothripidae). *Anais da Sociedade Entomológica do Brasil* 3:54-68.

——. 1974*b*. Siete nuevos tisanópteros de Tabasco, Veracruz, y el Pedregal de San Ángel, México, D.F. (Thysanoptera: Terebrantia; Tubulifera). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 35:249-276.

——. 1976. Dos nuevas especies de trips (Thysanoptera: Thripidae) del Pedregal de San Ángel, México, D.F. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM, Serie Zoología* 45: 75-82.

——. 1977. Una nueva especie de *Bregmatothrips* Hood (Thysanoptera: Thripidae) del Pedregal de San Ángel, México, D. F. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM, Serie Zoología* 46:45-52.

——. 1978. Nuevos thrips tubulíferos (Insecta: Thysanoptera), de México, I. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM, Serie Zoología* 47:57-68.

——. 1979. Notas sinonímicas acerca de tisanópteros de México I. *Anales del Instituto de Biología de la UNAM, Serie Zoología* 49:277-280.

——. 1980. A revision of the North-American Thysanoptera genus *Torvothrips* inhabiting *Olliffiella* galls in *Quercus*. *Folia Entomológica Mexicana* 44:19-38.

——. 1983. Nuevos thrips (Insecta: Thysanoptera; Terebrantia, Thripidae: Thripinae), de la Sierra Madre Oriental y el Eje Volcánico Transversal, de México. *Anales del Instituto de Biología de la unam, Serie Zoología* 53:159-178.

——. 1987. El género *Leptothrips* Hood, 1909 (Thysanoptera: Phlaeothripidae) en el Continente Americano su Sistemática, Evolución, Biogeografía, Ecología y Biología. *Monografías del Instituto de Biología de la UNAM No. 3*

——. 2000. The Mexican *Frankliniella paricutinensis* sp. nov. Species assemblage, in the "Intonsa Group" (Insecta, Thysanoptera: Thripidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 80: 1-49.

Johansen, R.M. y A. Mojica-Guzmán. 1996. Thysanoptera. Pp. 245-273. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento.* J. Llorente, A.N. García y E. González (eds.). Instituto de Biología, UNAM/CONABIO, México.

——. 1997. Importancia agrícola de los thrips. Pp. 11-18. En: *Manual sobre entomología y acarología aplicada*. Sociedad Mexicana de Entomología, Xalapa, Veracruz, México.

——. 2003. The Mexican *Frankliniella aurea* Moulton, *F. bisaetaevenusta* sp. nov., and *F. prothoraciglabra* sp. nov. species assemblages in the "Intonsa Group" (Insecta, Thysanoptera: Thripidae). *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 89: 201–240.

Johansen-Naime, R.M. y A. Mojica-Guzmán. 2009. Thysanoptera. Pp. 227–241 En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano Santana (eds.). UNAM, México.

Mendieta-Sevilla, M.C. 1981. *Contribución al conocimiento de los trips (Insecta: Thysanoptera), del Pedregal de San Ángel, México, D.F., con datos sistemáticos y ecológicos.* Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM.

Mound, L.A. y R. Marullo. 1996. The thrips of Central and South America: An introduction (Insecta: Thysanoptera). *Memoirs on Entomology International* 6:1-487.

Nakahara, S. 1995. Review of Neartic species of Anaphothrips (Thysanoptera: Thripidae). *Insecta Mundi* 9:221-248.

Priesner, H. 1924. Neue Thysanopteren. *Sitzungsberichten der Kaiserlichen Academie de Wissenschaften* 133: 527-542.

——. 1925*a*. Un género nuevo y curioso del Orden Physopodos o thysanópteros (Insectos) de México. *Memorias de la Sociedad Antonio Alzate* 44(9-12):485-489.

——. 1925*b*. Thysanopterologica I. *Zoologische Jahrbücher. Abteilung für Anatomie und Ontogenie Der Tiere* 50: 306–319.

——. 1932. Neue Thysanopteren aus Mexiko, gessamelt von Prof. Dr. A. Dampf. I Teil. *Wiener Entomologischer Zeitung* 49:170-185.

——. 1933*a*. Neue exotische Thysanopteren. *Stylops* 2:145–156.

——. 1933*b*. Neue Thysanopteren aus Mexiko, gesammelt von Prof. Dr. A. Dampf. *Wiener Entomologischer Zeitung* 50:49-63.

——. 1960. Das system der Tubulifera (Thysanoptera). *Österreichischen Akademie der Wissenschaften Mathematisch-Natur Wissenschaflichte Klasse* 97:283–297.

Escarabajos (Coleoptera)

Santiago Zaragoza Caballero

Descripción

Los escarabajos (Coleoptera: *coleos*, "estuche"; *pteron* "ala") son aquellos insectos con el primer par de alas endurecidos (élitros) que forman un estuche protector. Son descritos como organismos neópteros —insectos con la capacidad de plegar las alas membranosas—, endopterigotos —insectos que desarrollan las alas durante la pupación— y holometábolos —insectos que sufren cambios notables como huevecillo, larva y pupa antes de alcanzar el estado alar en el adulto— (Zaragoza-Caballero y Navarrete-Heredia 2007). Entre los antiguos mexicanos se les dio el nombre de "temolines" (*tetl*, "piedra", *ollin*, "movimiento"; Clavijero 1780)

Constituyen el grupo más diverso tanto en número de especies como en los tipos de ambientes que pueden alcanzar. Se reconocen alrededor de 351 785 especies de escarabajos descritos (Vanin e Ide 2002, Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008), representan una quinta parte de todas las especies actualmente conocidas, incluyendo las plantas y los animales. Como todo insecto, se caracterizan por tener un esqueleto externo de una proteína rígida (quitina) que limita su crecimiento. Su desarrollo se realiza mediante un proceso de cambios morfológicos sucesivos llamado metamorfosis. En su ciclo de vida presentan las fases de huevecillo, larva, pupa y adulto. El cuerpo está dividido en tres regiones: cabeza, tórax y abdomen. En la cabeza se reconocen un par de antenas con funciones de tipo sensorial, un par de ojos, aunque también existen especies ciegas; las partes bucales localizadas en la parte ventral de la cabeza son del tipo masticador. En el tórax se encuentran tres pares de patas modificadas para cavar o correr. Una de las características particulares del grupo es la presencia de las alas anteriores o élitros, que son estructuras sumamente duras y que forman un estuche protector; en tanto, el segundo par de alas son membranosas y utilizadas para volar. El abdomen está protegido por los élitros, es la parte final del escarabajo, y ahí se encuentran los poros genitales y el ano (Morón 2004).

El grupo adquiere particular interés porque pueden habitar una gran variedad de condiciones y ambientes, permitiéndole alcanzar todos los hábitats posibles, a excepción de las regiones polares y medios marinos, y son más abundantes en la franja tropical. Se les puede encontrar sobre cualquier parte de las plantas, durante el día o por la noche, debajo de las piedras, en cuerpos de agua, entre la hojarasca depredando o aprovechando la materia orgánica del medio (Triplehorn y Johnson 2005).

Sus hábitos alimenticios son muy amplios: la mayoría son herbívoros que se alimentan de diferentes partes de las plantas como hojas frescas (fitófagos), frutas (frugívoros), raíces (rizófagos), semillas (granívoros), polen (palinófagos) y madera (xilófagos).

Zaragoza-Caballero, S. 2016. Escarabajos (Coleoptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 320-326.

También existen los carnívoros (depredadores) y los omnívoros o generalistas, que aprovechan toda fuente de materia orgánica en su alimentación. Algunas especies se alimentan de hongos (micetófagos), de material muerto de origen animal (saprozoicos) y vegetal (saprofitos), de carroña (necrófagos) y de excremento (coprófagos; Crowson 1981).

Diversidad y distribución

El orden Coleoptera es el más rico y diverso en especies, no sólo dentro de la clase Insecta, sino que es el más abundante en especies de todo el reino animal. Las 351 785 especies descritas (Llorente-Bousquets y Ocegueda 2008), representan aproximadamente 40% de todos los insectos conocidos y 30% de toda la fauna del planeta (Costa 2000).

En el mundo, el orden está conformado por unas 165 familias que se agrupan en los subórdenes: Archostemata, Mixophaga, Adephaga y Polyphaga (Lawrence y Newton 1995). Para México, Blackwelder (1944-1957) incluye en su lista más de 12 635 especies en 114 familias registradas, lo que corresponde a cerca de 4% del total de las especies conocidas. Navarrete-Heredia y Fierros-López (2001) reconocen para Latinoamérica 129 familias, 6 704 géneros y 72 479 especies y mencionan un total de 43 familias, 1 484 géneros y 11 658 especies mexicanas. Estos datos son el resultado de investigaciones publicadas en dos revistas nacionales: *Acta Zoológica Mexicana* (1964-2000) y *Folia Entomológica Mexicana* (1984-2000). Sin embargo, también subrayan la falta de información de 69 familias de las 114 reconocidas por Blackwelder (1944-1957) en el país.

Con 114 familias de Coleoptera registradas en México, su riqueza alcanza 69.1% de la fauna mundial total y 88.4% de la fauna latinoamericana (Lawrence y Newton 1995). Cifra por demás alentadora si se compara con la diversidad en familias de otros países, como Brasil (104), Australia (113) y Nueva Zelanda (82; Costa 2000). En el cuadro 1 se enlistan las familias más significativas en México.

Considerando las 12 635 especies mexicanas que registra Blackwelder (1944-1957) en su lista que compila las especies desde la parte norte de México hasta Chile, la riqueza específica que tiene México como país es de 3.85%. En la Ciudad de México, según Llorente-Bousquets y Ocegueda (2008) hay 205 especies; mientras que en 7 volúmenes y 18 partes de la *Biología Centrali-Americana* (1879-1909), se encuentran 363 registros. En el apéndice 36 se enlistan las 230 especies registradas en la ciudad y sus

Cuadro 1. Número de géneros y especies de las familias de escarabajos (Coleoptera) más significativos en México.

Familia	Mundial géneros	Mundial especies	México géneros	México especies
Curculionidae	4 500	65 000	449	2 344
Staphylinidae	2 150	45 000	394	1 935
Chrysomelidae	2 560	36 500	sin datos	sin datos
Cerambycidae	4 000	35 000	418	1 383
Carabidae	1 500	30 000	172	1 957
Scarabaeidae	2 000	25 000	155	1 255
Tenebrionidae	1 700	18 000	sin datos	sin datos
Buprestidae	400	15 000	65	1 300
Elateridae	414	9 300	sin datos	sin datos
Micromalthidae	1	1	1	1

Fuente: Navarrete-Heredia y Fierros-López 2001.

alrededores desde 1959. Los registros recogen datos de Gibson y Carrillo (1959), Carrillo *et al.* (1966), Domínguez y Carrillo (1976), Reyes-Castillo y Halffter (1976), Zaragoza (1967, 1977,1979) y Zaragoza y Pérez (1981).

Diversidad y origen del conocimiento

Carlos Linneo inicia el ordenamiento taxonómico de escarabajos mexicanos al describir las especies: *Creophillus maxillosus* (1758), *Euphoria inda* (1760) y *Zonites chrysomeloides* (1763), procedentes de la Ciudad de México. Ya en el siglo XIX, diversos investigadores extranjeros aluden a 363 especies de 36 familias de coleópteros en la magna obra *Biologia-Centrali* Americana (1879-1909); 153 de ellas tienen como localidad tipo a la ciudad, 160 especies tienen en algún estado de la república mexicana su localidad tipo y fueron recolectadas también en la misma ciudad, como *Cotinis mutabilis* de Puebla (figura 1). Las familias más abundantes en esa obra con especies descritas fueron: Scarabaeidae (49, 0.27%), Carabidae (47, 0.26%), Staphylinidae (32, 0.17%) y Chrysomelidae (30, 0.16%).

Mención aparte merece Eugenio Dugès, médico francés radicado en México, quien describió e ilustró 2 500 especies del territorio nacional compiladas por Villada (1901) y que registra seis especies para la ciudad. La aportación de Dugès dio origen a la Colección Nacional de Insectos (CNIN) de la UNAM (Zaragoza 1999).

En realidad la fauna de escarabajos de la ciudad prácticamente no ha sido estudiada. Zaragoza (1967) estudió los crisomélidos del Pedregal de San Ángel y en 1977 y 1979 describió especies nuevas de la familia Phengodidae. En 1981, Zaragoza y Pérez hicieron un análisis morfométrico de *Nicrophorus mexicanus* Matthews, en esa zona y Zaragoza (2009) comentó la fenología de escarabajos recolectados mediante atracción luminosa en el jardín botánico exterior de Ciudad Universitaria, del Pedregal de San Ángel.

Importancia

Los hábitos, la abundancia y la estacionalidad de los escarabajos transcienden en múltiples aspectos. Un ejemplo son los escolítidos (Scolytidae), escarabajos descortezadores que se alimentan de la savia de los pinos, que pueden llegar a causar la muerte de los árboles y modificar sustancialmente áreas boscosas (Piña y Muñiz 1981). Sin embargo, otros miembros de esa misma familia que se alimentan de la madera de árboles viejos o muertos contribuyen a la incorporación de materia orgánica al suelo del bosque. Estos eventos se han registrado en la zona del Desierto de los Leones y el Bosque de Chapultepec (Piña y Muñiz 1981).

(De aquí en adelante, un asterisco [*] señalará a las especies originarias de la Ciudad de México.)

Por otro lado, **Peltodytes mexicana* (Haliplidae), **Berosus hoplites*, (Hydrophilidae), **Hydrobatus concolor* (Dytiscidae), entre otras, son buenas indicadoras de la pureza de corrientes y cuerpos de agua. En tanto que **Hippodamia convergens* (Coccinellidae) y **Harpalus alienus* (Carabidae) contribuyen al control de poblaciones de áfidos (pulgones) y otros insectos que pueden causar daños a diversos cultivos. Los enterradores **Nicrophorus mexicanus* (Silphidae), los carroñeros **Crypthorhopalum argutum* (Dermestidae), junto con los cicindélidos, contribuyen a mantener el ambiente libre de cuerpos de animales muertos (carroña). Asimismo, algunos escarabajos como **Euphoria inda* (Scarabaeidae) son importantes ya que actúan como polinizadores.

Algunos escarabajos causan daños económicos al ser humano al establecerse como plagas, ya sea como larvas o como adultos que atacan al follaje y raíces de las plantas o granos almacenados (Frohlich y Rodewald 1969, Morón 1999, Terrón 1999). Como plagas, se

Figura 1. Escarabajo *Cotinis mutabilis*. Foto: Enrique Ramírez.

Figura 2. Escarabajo *Dynates hylus*. Foto: Alejandro Pérez.



Figura 3. Escarabajo *Eucroma goliat*. Foto: Enrique Ramírez.

encuentra un sinnúmero de picudos o gorgojos, como *Cactophagus spinolae*, *Calendra angustata* (Curculionidae), *Phyllophaga microphylla*, *Ligyrus sallei* (Scarabaeidae); *Diabrotica fairmaire* (Chrysomelidae), *Chilocorus cacti* Linneo (Coccinellidae). Las gallinas ciegas (Scarabaeidae) se alimentan de diversas raíces de plantas como el maíz, la caña de azúcar, el trigo, el sorgo, etc. (Morón 1993); asimismo, las brocas del cacao y del café, se encuentran en este grupo de escarabajos nocivos.

Amenazas y conservación

Como se puede ver a lo largo de esta contribución, son muchas las familias registradas para México y son pocos los investigadores mexicanos y extranjeros que realizan estudios que incrementen el conocimiento de la fauna de coleópteros del país. Actualmente, no se cuenta con un inventario que muestre la gran riqueza de escarabajos del territorio mexicano. Llorente-Bousquets y Ocegueda (2008) hacen mención a 13 195 especies descritas para México como país y 205 de la Ciudad de México. En tanto en la *Biologia Centrali-Americana* (1879-1909), se tiene registro de 363 especies. De ésas, 153 especies fueron registradas por primera vez en el área metropolitana.

Existen escarabajos mexicanos que por su belleza suelen ser incorporados al tráfico de especies, entre los que se encuentran: *Megasoma elephas*, *Dynates hylus* (figura 2), *Eucroma goliat* (figura 3), *Acrocinus longimanus*, *Spodistes mniszchi*, *Polyphylla petiti*, las cuales son especies que deben protegerse.

Conclusión y recomendaciones

De lo anteriormente comentado se desprende la imperiosa necesidad de levantar inventarios a nivel nacional que nos permitan incrementar el conocimiento para un mejor manejo de nuestra fauna y preservación de la misma, antes de que las condiciones ambientales sean modificadas más profundamente.

Lo anterior se aplica particularmente al entorno de la Ciudad de México, en donde los cambios ambientales son más drásticos. Muchas especies que habitaban los grandes lagos que formaban parte del paisaje del valle de México han desaparecido, la fauna representativa ha sido desplazada y relegada, en el mejor de los casos, a entornos como el Desierto de los Leones, Magdalena Contreras, Milpa Alta o Xochimilco. Comentario aparte merece la Reserva del Pedregal de San Ángel, modelo de conservación que se explota como un laboratorio biológico nacional.

Referencias

Biologia Centrali-Americana. Zoology, Botany and Archaeology. 1879-1909. Varios autores, Vols. I-VII, 18 pts. Frederick Ducane Godman and Osbert Salvini (eds.). Bernard Quaritch. 11 Grafton Street, New Bond Street. Londres.

Blackwelder, R.E. 1944-1957. Checklist of the coleopterous insects of Mexico, Central America, The West Indies, and South America, I-VI. Smithsonian Institution, *Bulletin United States National Museum* 185.

Carrillo, S.L., C.A. Ortega y W.W. Gibson. 1966. *Lista de Insectos en la Colección Entomológica del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas. Primer suplemento a la Lista de insectos de la colección entomológica de la Oficina de Estudios Especiales. Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas*, SAG, México.

Clavijero, S.F. 1780. *Storia Antica del Messico*. Tomo 1.

Costa, C. 2000. Estado de conocimiento de los Coleoptera Neotropicales. Pp. 99-114. En: *Hacia un proyecto CYTED para el inventario y estimación de la diversidad entomológica en Iberoamérica*, PriBes-2000. (F. Martín-Piera, J. J. Morrone y A. Melic, eds.). M3M: Monografías Tercer Milenio 1. Zaragoza, España.

Crowson, R.A. 1981. *The Biology of Coleoptera*. Academic Press New York, Nueva York.

Domínguez, R.Y. y J.L.S. Carrillo. 1976. *Lista de Insectos en la Colección Entomológica del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas*. Segundo suplemento. SAG. México.

Frohlich, G y W. Rodewald. 1969. *Enfermedades y plagas de las plantas tropicales descripción y lucha*. Unión Tipográfica Editorial Hispano Americana. UTEHA.

Gibson, W.W. y J.L.S. Carrillo. 1959. *Lista de Insectos en la Colección Entomológica del Instituto Nacional de Investigaciones Agrícolas*. SAG. México.

Lawrence, J.F. y A.F. Newton. 1995. Families and subfamilies of Coleoptera (with selected genera, notes, references and data on family-group names). Pp. 779-1006, 48. En: *Biology, Phylogeny, and clasification of Coleoptera: papers celebrating the 80th Birthday of Roy*. A. Crowson, J. Pakaluk y S.A. Splipinski (eds.). Museum I Instytut Zoologii Pan Warszawa.

Llorente-Bousquets, J. y S. Ocegueda. 2008. Estado del conocimiento de la biota. Pp. 283-322. En: *Capital natural de México*, vol. 1. *Conocimiento actual de la biodiversidad*, CONABIO. México.

Morón. M.A. 1993. *Diversidad y manejo de plagas subterráneas (compilador). Memorias de la IV Mesa Redonda sobre Plagas Subterráneas*. INECOL, A.C., Xalapa, Veracruz, México.

——. 1999. Coleoptera Melolonthidae. Pp 43-59. En: *Catálogo de Insectos y Ácaros de los cultivos Agrícolas de México*, L.A.C. Deloya y J.E. Valenzuela G. (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología A.C. Publicaciones Especiales 1.

——. 2004. *Escarabajos, 200 millones de años de evolución*. INECOL, A.C., Sociedad Entomológica Aragonesa. Zaragoza, España.

Navarrete-Heredia, J.L. y H.E. Fierros-López. 2001. Coleoptera de México: situación actual y perspectivas de estudio. Pp. 1-22. En: *Tópicos sobre Coleoptera de México*, J.L. Navarrete-Heredia, H.E. Fierros-López y A. Burgos-Solorio (eds.). UDG/UAEM, Guadalajara, Jalisco.

Piña, L.I. y R.V. Muñiz. 1981. *Los Escolítidos como plagas forestales. Monografía III*. Laboratorios de Fomento Industrial. México.

Reyes-Castillo, P. y G. Halffter. 1976. Fauna de la Cuenca del Valle de México. Pp. 135-180. En: *Memorias de las Obras del Sistema del Drenaje Profundo del Distrito Federal*, vol. 1. INECOL, A.C.

Terrón, S.R. 1999. Coleoptera Cerambycidae. Pp. 61-68. En: *Catálogo de insectos y ácaros de los cultivos agrícolas de México*. L.A.C. Deloya y J.E.G. Valenzuela (eds.). Sociedad Mexicana de Entomología A.C. Publicaciones Especiales 1.

Triplehorn C.A. y N. F. Johnson. 2005. *Borror and Delong's Introduction to the Study of Insects*. Thomson Brooks/Cole.

Vanin, S.A. y S. Ide. 2002. Classificação comentada de Coleoptera. Pp. 193-205. En: *Proyecto de Red Iberoamericana de Biogeografía y Entomología Sistemática*. PRIBES 2002. (C. Costa, S.A. Vanin, J.M. Lobo y A. Melic, eds.). Sociedad Entomológica Aragonesa, vol.2.

Villada, M. 1901. *Catálogo de la Colección de Coleópteros Mexicanos del Museo Nacional formada y clasificada por el Dr. Eugenio Dugès*. Imprenta del Museo Nacional.

Zaragoza, C.S. 1967. Contribución al estudio de los Chrisomélidos de México. 1 (Coleoptera Chrysomelidae). *Anales del Instituto de Biología*, UNAM 37:143-154.

——. 1977. Una nueva especie de *Cenophengus* LeConte (Coleoptera: Phengodidae, Mastinocerinae) del Pedregal de San Ángel, D, F. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM. *Serie Zoología* 46:69-74.

——. 1979. Una nueva especie de *Phengodes* Illiger l807 (Coleoptera: Phengodidae; Phengodini) del Pedregal de San Ángel, México D.F. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM. *Serie Zoología* 49:183-188.

——. 1999. Eugenio Dugès precursor de la entomología en México. *Dugesiana* 6:1-26.

——. 2009. Aspectos fenológicos de Coleoptera (1961-1962). Pp. 403-409. En: *Biodiversidad del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.) UNAM.

Zaragoza, C.S. y H.R. Pérez. 1981. Varianza de *Nicrophorus mexicanos* Matth. (Coleoptera : Silphidae) y su correlación ambiental en el Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM. *Serie Zoología* 50:459-475.

Zaragoza-Caballero, S. y J.L. Navarrete-Heredia 2007. Etnotaxonomía: nombres comunes y lingüísticos de algunos Coleoptera mexicanos. Pp. 75-104. En: *Entomología Cultural: una Visión Iberoamericana*. J.L. Navarrete-Heredia, G.A. Quíroz-Rocha y H.E. Fierros-López (eds.) UDG, Guadalajara.

Estudio de caso

Importancia de la relación planta artrópodo: el caso de la comunidad de artrópodos asociados al zacatón amacollado

Víctor López Gómez
Iván Castellanos Vargas
Zenón Cano Santana

Introducción

Los artrópodos terrestres son organismos que presentan cuerpos segmentados, son de tamaño pequeño y presentan una cubierta endurecida externa de quitina, la cual cambian por una nueva cada vez que crecen (Gillot 2005). Algunos ejemplos de estos organismos son las arañas, los insectos, las cochinillas y los ciempiés (Walter 1987).

Los artrópodos son muy abundantes y diversos, son importantes en los ecosistemas terrestres al ser el alimento de otros organismos, y además son vectores de enfermedades que pueden afectar al humano (Schoonhoven *et al.* 2005). Este grupo proporciona importantes servicios ecosistémicos (*i.e.* procesos y condiciones de los ecosistemas naturales que soportan la actividad y la existencia de la vida humana; Kremen 2005); por ejemplo, las abejas llevan a cabo la polinización de las plantas, lo cual permite la formación de frutos que sirven de alimento para la humanidad (Speight *et al.* 2008). Las arañas pueden ser utilizadas como una estrategia de control biológico al alimentarse de otros artrópodos que son plagas de cultivos (Kaston 1978), como por ejemplo, los chapulines (*Sphenarium purpurascens*) que dañan los cultivos de alfalfa en el valle de Puebla-Tlaxcala (Cerritos y Cano-Santana 2008). Otros artrópodos como las cucarachas, las moscas y las cochinillas llevan a cabo el trabajo "sucio" del ecosistema, porque se alimentan de excretas, cadáveres y materia orgánica en proceso de descomposición, lo que permite la reincorporación de los nutrimentos a los ecosistemas (Speight *et al.* 2008).

Los artrópodos y las plantas tienen una relación muy estrecha. Por un lado, las plantas proporcionan muchos beneficios a los artrópodos, como son el alimento, una gran variedad de microclimas, lugares para dejar a su descendencia, sitios para buscar pareja, así como refugios contra sus depredadores (Schoonhoven *et al.* 2005). Por su parte, las plantas obtienen beneficios de los artrópodos en el reciclaje de las estructuras vegetales seniles, ya que las actividades de estos animales fomentan una mayor tasa de descomposición de la materia orgánica (Speight *et al.* 2008). La interacción planta-artrópodo es de suma importancia para entender la dinámica de los ecosistemas terrestres ya que incluye al grupo más diverso en el planeta (Gillot 2005) y a los productores más importantes de materia orgánica (biomasa), respectivamente (Pimentel y Andow 1984).

López-Gómez, V., I. Castellanos-Vargas y Z. Cano-Santana. 2016. Importancia de la relación planta-artrópodo: el caso de la comunidad de artrópodos asociados al zacatón amacollado. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 327-330.



Figura 1. Pasto o zacatón *Muhlenbergia robusta* en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Ciudad de México. (Foto: V. López Gómez)

Interacción planta-artrópodo en la REPSA

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) está dentro del campus de UNAM y presenta un matorral xerófilo natural en la Ciudad de México (Lot y Camarena 2009). Una de las plantas más abundantes en esta Reserva es el pasto o zacatón *Muhlenbergia robusta* (Poaceae), el cual tiene forma de macolla, es perenne (*i.e.*, plantas que viven normalmente tres o más años) y tiene de 1 a 2 m de altura (Calderón de Rzedowski y Rzedowski 2001) (figura 1).

Interacción planta-artrópodo

Se ha registrado que dentro de este zacatón se presenta una gran variedad y cantidad de artrópodos (158 especies; López-Gómez *et al.* 2009), entre los más importantes por su abundancia están las arañas, los escorpiones, los ácaros, los ciempiés y los milpiés, y también se hizo el registro de una especie de caracol y una salamandra. De los artrópodos, los grupos más abundantes fueron los insectos (70.2%) y los arácnidos (22.2%; López-Gómez *et al.* 2009). Una sola planta de este zacatón puede presentar una comunidad muy diversa; por ejemplo, en sólo un individuo se encontraron 106 organismos, los cuales representaban a 27 especies (López-Gómez y Cano-Santana 2010).

Se ha reportado que existen diferentes factores que pueden modificar la riqueza de especies y la abundancia de los artrópodos asociados a este zacatón, entre los cuales están: 1) el tamaño de las plantas, 2) la sombra de la copa de los árboles, 3) la cantidad de detrito (materia vegetal en proceso de descomposición; Ayala-Palma 2010), 4) el tejido fresco y 5) la estacionalidad; los cuales se ex-

plican a continuación.

Los zacatones más grandes presentan una mayor riqueza y abundancia de artrópodos en comparación con las plantas pequeñas; lo cual se adjudica a que las plantas más grandes tienen una mayor variedad y cantidad de microhábitats, lo que permite el establecimiento de un mayor número de especies de artrópodos (López-Gómez y Cano-Santana 2010).

En los zacatones asociados a la sombra de los árboles, se presentan condiciones microclimáticas notablemente diferentes (*i.e.* menor variación de temperatura y velocidad del viento, así como una mayor humedad) a las de un sitio expuesto a la luz directa del sol. En *M. robusta* se encontró que la comunidad de artrópodos asociada, es más diversa en plantas ubicadas bajo la sombra de los árboles, en comparación con los sitios soleados. La preferencia de los artrópodos por estos sitios se explica al considerar que las condiciones microclimáticas de los sitios sombreados son más favorables y menos estresantes para los artrópodos que los sitios soleados (López-Gómez y Cano-Santana 2010).

Los zacatones con mayores cantidades de tejido fresco de *M. robusta* o de detritos, presentaron una mayor riqueza y abundancia de artrópodos; esto se adjudicó a que estas plantas tienen una mayor disponibilidad de alimento y por tanto son hábitats más atractivos para los artrópodos con hábitos herbívoros y saprófagos (López-Gómez *et al.* 2009).

Por último, los zacatones presentaron una mayor riqueza y abundancia de artrópodos en la temporada de lluvia que en la temporada de sequía, lo cual se adjudica a que las lluvias de la temporada inician la eclosión de los huevos de algunos insectos y, en consecuencia, incrementan la variedad de artrópodos en la reserva (Castellanos-Vargas y Cano-Santana 2009, Moyers-Arévalo y Cano-Santana 2009, Zaragoza 2009). Asimismo, los altos niveles de precipitación fomentan la producción de tejido vegetal fresco de toda las plantas de la REPSA, proporcionándole una mayor variedad y cantidad de alimento a los artrópodos (César-García 2002), permitiendo el establecimiento de un mayor número de especies de artrópodos.

Importancia

Hace 20 años una de las preguntas más difíciles de responder para los biólogos era por qué conservar la biodiversidad, actualmente se tiene evidencia que nos permite tener una idea más clara al respecto. La biodiversidad está relacionada con los servicios ecosistémicos que como especie obtenemos de la naturaleza (Balvanera *et al.* 2006), es decir, que los ecosistemas con mayor variedad de organismos pueden proporcionar mayores y mejores servicios ecosistémicos, como son: alimento, medicinas, el control de la erosión, el reciclaje de nutrientes, así como la estabilidad del ecosistema después de la invasión de especies exóticas o de disturbios (Kremen 2005). Esto significa que una mayor diversidad de plantas y animales nos proporcionan una mayor y mejor disponibilidad de alimentos, así como condiciones favorables para la vida de nuestra especie.

El pasto *M. robusta* es un claro ejemplo de la estrecha relación entre las plantas y los artrópodos, además que es un sistema dinámico que cambia entre las estaciones del año y también bajo condiciones de estrés ambiental. Debido a lo anterior, es importante conservar a los artrópodos y las plantas de los ecosistemas naturales y urbanos, ya que dependemos de estos recursos naturales para asegurar nuestra existencia y una buena calidad de vida.

Referencias

Ayala-Palma, R. 2010. *Efecto de la cantidad de detrito sobre la comunidad de artrópodos asociada a* Muhlenbergia robusta. Tesis de licenciatura. UNAM, México.

Balvanera, P., A.B. Pfisterer, N. Buchmann, *et al.* 2006. Quantifying the evidence for biodiversity effects on ecosystem functioning and services. *Ecology Letters* 9:1146-1156.

Castellanos-Vargas, I. y Z. Cano-Santana. 2009. Historia natural y ecología de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae). Pp. 337-346. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Cerritos, R. y Z. Cano-Santana. 2008. Harvesting grasshoppers *Sphenarium purpurascens* in Mexico for human consumption: A comparison with insecticidal control for managing pest outbreaks. *Crop Protection* 27:473-480.

César-García, S.B. 2002. *Análisis de algunos factores que afectan la fenología reproductiva de la comunidad vegetal de la Reserva del Pedregal de San Ángel*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Gillot, C. 2005. *Entomology*. Springer. Dordrecht, Holanda.

Kaston, B. 1978. *How to know the spiders*. Wm. C. Brown Company Publishers, Dubuque, Iowa.

Kremen, C. 2005. Managing ecosystem services: what do we need to know about their ecology? *Ecology Letters* 8:468-479.

López-Gómez, V., L.Y. Jiménez-Cedillo, M.Á. Blanco-Becerril y Z. Cano-Santana. 2009. Ecología de la comunidad de artrópodos asociada a *Muhlenbergia robusta* (Poaceae). Pp. 441-451. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

López-Gómez, V. y Z. Cano-Santana. 2010. Best host-plant attribute for species–area relationship, and effects of shade, conspecific distance and plant phenophase in an arthropod community within the grass *Muhlenbergia robusta*. *Entomological Science* 13:174-182.

Lot, A. y P. Camarena. 2009. El Pedregal de San Ángel de la ciudad de México: reserva ecológica urbana de la Universidad Nacional. Pp. 19-25. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot. y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Moyers-Arévalo, L. y Z. Cano-Santana. 2009. Fenología de la comunidad de mariposas diurnas y su relación con la fenología floral de las plantas y otros factores ambientales. Pp. 411-419. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot. y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Pimentel, D. y D.W. Andow. 1984. Pest management and pesticide impacts. *Insect Science and its Application* 5:141-149.

Rzedowski, G.C. de, J. Rzedowski, *et al.* 2001. Flora fanerogámica del Valle de México. INECOL/CONABIO, Pátzcuaro.

Schoonhoven, L.M., J.J.A. van Loon y M. Dicke. 2005. *Insect-plant Biology*. Oxford University Press, Oxford.

Speight, M.R., M.D. Hunter y A.D. Watt. 2008. *Ecology of insects. Concepts and applications*. Singapore.

Walter, D.E. 1987. Trophic Behavior of "Mycophagous" Microarthropods. *Ecology* 68:226-229.

Zaragoza, C.S. 2009. Aspectos fenológicos de Coleoptera (1961-1962). Pp. 403-409. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot. y Z. Cano-Santana (eds.) UNAM, México.

Pulgas ectoparásitas de aves y mamíferos (Siphonaptera)

Roxana Acosta Gutiérrez

Descripción

Las pulgas (orden Siphonaptera) son pequeños insectos parásitos que miden de 1 a 8 mm. Son comprimidos lateralmente, el cuerpo y las patas están cubiertas con sedas y espinas pequeñas. La cabeza es de forma triangular, usualmente con ojos evidentes, su aparato bucal está modificado para picar y succionar, se alimentan de sangre, por lo cual se dice que son hematófagos (Rothschild 1975 y Ford *et al.* 2004, figuras 1*a* y 1*b*). Su ciclo de vida consiste de cuatro etapas de desarrollo: huevo, larva, pupa y adulto. Son ectoparásitos que se alimentan de animales (aves y mamíferos) de sangre caliente (homeotermos); cerca de 94% de las especies de pulgas conocidas parasita mamíferos y 6% aves (Barrera 1953, Stark 1958).

Morales-Muciño y Llorente-Bousquets (1986) hicieron un recuento de los registros e investigaciones realizadas sobre estos insectos parásitos, desde la época prehispánica hasta mediados de la década de los ochenta del siglo XX. Algunos trabajos realizados en zonas urbanas de la Ciudad de México, Alfonso Dampf en 1925, ectoparásitos del perros en la Ciudad de México; Carlos Hoffman en 1948, parásitos de las ratas de los mercados de la Ciudad de México; Luis Vargas en 1951 realizó el primer trabajo sinóptico de las pulgas de México; Carlos Machado-A., en 1960, estudió los ectoparásitos del ratón *Microtus mexicanus mexicanus* en la ciudad; finalmente, Ana Ma. Muñiz y Alfredo Barrera, en 1979, reportaron la presencia de la pulga *X. cheopis* en la entidad. En años recientes se han llevado a cabo colectas de mamíferos realizadas por el Museo de Zoología (UNAM) en Los Dinamos, Magdalena Contreras y Xochimilco, entre otros sitios, lo que permitió la obtención de ejemplares de pulgas; sin embargo, este material se encuentra aún en proceso curatorial.

Diversidad y distribución

Se calcula que en el mundo existen alrededor de 220 géneros con 3 000 especies y subespecies de pulgas; sin embargo, actualmente existen cerca de 2 525 descritas y válidas (Lewis 1993, 1998, Linardi y Guimarães 2000). Salceda-Sánchez y Hastriter (2006) mencionan que en México se conocían 163 especies de pulgas, y con los trabajos de Acosta y Fernández (2009) y Acosta (2010) el número se elevó a 171, lo que representa 6.7% de la fauna de pulgas en el mundo. El número de especies existentes en el territorio nacional seguramente es mayor, pues aún faltan por estudiar varios estados (Ponce-Ulloa y Llorente-Bousquets 1996, Gutiérrez-Velázquez 2004, Salceda-Sánchez y Hastriter 2006).

Tanto en la Ciudad de México como a nivel nacional, existen ocho familias de pulgas, mismas que conforman 50% del total mundial (16). Se han reportado 32 géneros de los

Acosta, R. 2016, Pulgas ectoparásitas de aves y mamíferos (Siphonaptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 331-334.





Figura 1. Vista general de las pulgas (Siphonaptera): *a*) *Xenopsylla cheopis* y *b*) *Pulex* sp. Fotos: Roxana Acosta.

49 presentes en el país (Salceda-Sánchez y Hastriter 2006). La ciudad es la entidad con el mayor número de especies de pulgas (52), lo que representa 3.04% con respecto al total mundial. En el apéndice 37 se presentan los géneros y las especies reportadas para la entidad.

Por lo menos ocho de las especies registradas fueron descritas a partir de ejemplares colectados en diferentes localidades de la entidad, la primera de ellas fue *Ceratophyllus mundus* (*Pleochaetis mundus*; Jordan y Rothschild 1922), colectada en Tacubaya, y las últimas descritas fueron *Cediopsylla tepolita* (Barrera 1967) y *Hoplopsyllus pectinatus* (Barrera 1967), colectadas en El Guarda y El Zarco (Cuajimalpa), respectivamente. Gutiérrez-Velázquez y colaboradores (2006) mencionan que en la entidad se tienen registros de pulgas en al menos 35 localidades (apéndice 38). Sin embargo, existen registros de principios y mediados del siglo pasado, los cuales sólo mencionan la capital como localidad, por lo que hace suponer que serían aún más localidades de las que se están reportando en dicho trabajo. De igual manera, es importante mencionar que la periferia de la ciudad (*e.g.* Tlalpan, Cuajimalpa, Milpa Alta), que aún no ha sido completamente urbanizada, puede representar puntos importantes para realizar colectas en el futuro e incrementar el conocimiento acerca de la diversidad de pulgas y su distribución dentro de la entidad.

Importancia

La importancia médica y veterinaria que han llegado a tener las pulgas se debe principalmente a sus hábitos, ya que se alimentan de sangre y son ectoparásitos. Pueden llegar alimentarse de diferentes especies de aves o mamíferos, aumentando su capacidad para la transmisión de patógenos, por ejemplo: algunas bacterias causantes de enfermedades como la peste (*Yersinia pestis*), se transmiten por las pulgas *Xenopsylla cheopis* y *Leptopsylla segnis* (Salceda-Sánchez 2004); la tifo murino es producida por algunas rickettsias y transmitida al ser humano por *X. cheopis*; sin embargo, la pulga *Pulex irritans* puede mantener esta enfermedad en la población humana. Las especies *Ctenocephalides canis* y *Ct. felis* llegan actuar como huéspedes intermediarios del céstodo *Dipylidium caninum* que parasita perros, gatos y al ser humano (Harwood y James 1987), llegando a ocasionar parasitosis en estos huéspedes. Las tres últimas especies de pulgas mencionadas son las más encontradas en zonas urbanizadas (Ford *et al.* 2004). Estos organismos, al alimentarse de sangre, pican al

humano o a la mascota, ocasionando intensa comezón, molestias e irritaciones en la piel. La pulga *Echidnophaga gallinacea* parasita aves de corral, principalmente gallinas, aunque también se le ha observado en gatos, caballos, perros e incluso en el humano (Salceda 2004).

Conclusión

Varios autores en general reconocen que el conocimiento de los sifonápteros de México aún se encuentra incompleto, debido a la falta de muestreos en varias regiones del país incluyendo la capital. Lo anterior es necesario, ya que el número de especies que existen actualmente debe ser mayor al ya registrado, si consideramos que el país cuenta con una gran diversidad de aves y mamíferos.

Es importante tener registros sobre la distribución de las especies de pulgas y sus huéspedes, lo que permitirá tener un mejor conocimiento de las poblaciones de estos parásitos, que en determinadas condiciones podrían llegar a volverse un problema serio de infestaciones por este organismo y transmitir enfermedades.

Referencias

Acosta, R. 2010. Five new Mexican species of the flea genus *Strepsylla Traub*, 1950 (Siphonaptera: Ctenophthalmidae: Neopsyllinae: Phallacropsyllini) with a phylogenetic analysis. *Journal of Parasitology* 96:285-298.

Acosta, R. y J.A. Fernández. 2009. A new species of *Anomiopsyllus* Baker, 1904 (Insecta: Siphonaptera), and noteworthy records of fleas from Nelson's woodrat, *Neotoma* Nelson (Rodentia: Cricetidae), in the Oriental basin, Mexico. *Journal of Parasitology* 95:532-535.

Barrera, A. 1953. Sinopsis de los sifonápteros de la cuenca de México (Ins:Siph.). *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas* 8:219-236.

——. 1967. Redefinición de *Cediopsylla* Jordan y *Hoplopsyllus* Baker: Nuevas especies, comentarios sobre el concepto de relicto y un caso de evolución convergente. *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 27:67-88.

Ford, P.L., R.A. Fagerlund, D.W. Duszynski y P.J. Polechla. 2004. Fleas and lice of mammals in New Mexico. Gen. Tech. Rep. RMRS-GTR-123. Fort Collins, CO: U.S. Department of Agriculture. Rocky Mountain Research Station.

Gutiérrez-Velázquez, A.L. 2004. *Análisis biogeográfico preliminar del orden Siphonaptera (Arthropoda: Insecta) en México*. Tesis de maestría. Facultad Ciencias. UNAM.

Gutiérrez-Velázquez, A.L., R. Acosta y L. Ortiz Lozano. 2006. Patrones de distribución del orden Siphonaptera. Pp. 591-627. En: *Componentes bióticos principales de la entomofauna mexicana*. J.J. Morrone y J. Llorente-Bousquets (eds.). Las Prensas de Ciencias, UNAM, México.

Harwood, R.T. y M.T. James. 1987. *Entomología médica y veterinaria*. Limusa, México.

Jordan, K. y C.N. Rothschild. 1922. New *Siphonaptera*. *Ectoparasites* 1:266-283.

Lewis, R.E. 1993. Checklist of the valid genus-group names in the Siphonaptera, 1758-1991. *Journal of Medical Entomology* 30:64-79.

——. 1998. Résumé of Siphonaptera (Insecta) of the world. *Journal of Medical Entomology* 35:377-389.

Linardi, M.P. y L.R. Guimarães. 2000. *Sifonápteros do Brasil*. Museu de Zoologia, São Paulo.

Morales-Muciño, J.C. y J. Llorente-Bousquets. 1986. Estado actual del conocimiento de los Siphonaptera de México. *Anales del Instituto de Biología Serie Zoología* 2:497-554.

Ponce-Ulloa, H. y J. Llorente-Bousquets. 1996. Siphonaptera. Pp. 553-565. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: Hacia una síntesis del conocimiento*. J. Llorente-Bousquets, A. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). UNAM, México.

Rothschild, M. 1975. Recent advances in our knowledge of the order Siphonaptera. *Annual Review of Entomology* 20:241-259.

Salceda-Sánchez, B. 2004. Clave para la identificación de adultos de las especies de pulgas (Insecta: Siphonaptera) comunes y de mayor importancia médica en México. *Folia Entomológica Mexicana* 43:27-41.

Salceda-Sánchez, B. y M.W. Hastriter. 2006. A list of the fleas (Siphonaptera) of Mexico with new host and distribution records. *Zootaxa* 1296:29-43.

Stark, H.E. 1958. *The Siphonaptera of Utah.* U. S. Department of Health, Education, and Welfare, Atlanta, Georgia.

Mariposas diurnas (Rhopalocera)

Marysol Trujano Ortega
Moisés Armando Luis Martínez

Descripción

Las mariposas verdaderas o mariposas diurnas son insectos del orden Lepidoptera y del suborden Rhopalocera. Se caracterizan por presentar: 1) escamas en todo el cuerpo, 2) antenas dilatadas en el ápice, 3) piezas bucales transformadas en una espiritrompa succionadora, 4) vuelo exclusivamente durante el día y 5) colores vivos en sus alas (Grimaldi y Engel 2005). Este suborden comprende dos superfamilias: Papilionoidea y Hesperioidea (Lamas 2004). En la primera, el ápice de la antena o maza antenal es recta y el cuerpo suele ser delgado en proporción a las alas. En la segunda, la maza antenal se curva formando un gancho apical pequeño, el tórax es musculoso y más ancho en proporción a las alas y suelen presentar un vuelo errático y rápido (Scoble 1992). Papilionoidea agrupa cinco familias: Papilionidae, Pieridae, Nymphalidae, Lycaenidae y Riodinidae; en tanto que Hesperioidea sólo a la familia Hesperiidae.

Este grupo de insectos presenta una variedad de estructuras y colores que les permiten confundirse con el medio, con otras especies de mariposas, o bien, con rasgos que los depredadores interpretan como peligrosos o tóxicos (*e. g.*, colores llamativos y contrastantes; Grimaldi y Engel 2005).

Las mariposas son fáciles de observar, recolectar e identificar en sus ambientes naturales y constituyen un excelente modelo de estudio para trabajos de biodiversidad y conservación, al indicar la salud de los ambientes en los que éstas se encuentran (Luis *et al.* 2000).

Diversidad y endemismos

Los lepidópteros son el segundo grupo de insectos más diverso, pues se estima que existen alrededor de 200 mil especies en el mundo (CONABIO 2006), de las cuales aproximadamente 75% están descritas; particularmente las mariposas diurnas representan 13.5% de la fauna mundial (con 21 169 especies; Luis *et al.* 2003, CONABIO 2006). En México se encuentra aproximadamente 10% de la fauna mundial de las mariposas diurnas (Llorente *et al.* 1996, Luis *et al.* 2000, 2003), donde Hesperiidae (suborden Rhopalocera) es la familia más rica en especies, ya que agrupa 40% del total, seguida de Nymphalidae, Lycaenidae, Rioidinidae, Pieridae y Papilionidae (Luis *et al.* 2003; cuadro 1). En el país se registran 423 taxones endémicos, donde Hesperiidae es la más rica, con 171 especies y 14 subespecies, seguida de Nymphalidae, Pieridae y Papilionidae. En los casos de Lycaenidae y Riodinidae, el número de endemismos no es preciso, ya que son familias difíciles de recolectar, cuya distribución se encuentra restringida en ciertos microhábitats, tales como flores pequeñas, enredaderas o parches de luz (cuadro 1 y apéndice 39; Luis *et al.* 2003).

Trujano-Ortega, M. y A. Luis-Marínez. 2016. Mariposas diurnas (Rhopalocera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 335-342.

Los primeros estudios de mariposas diurnas en el país se concentraron en las partes tropicales; en la década de 1970 se inician los trabajos faunísticos en las zonas montanas y en especial en la Faja Volcánica Transmexicana, donde se incluye la cuenca de México y en particular la Ciudad de México. Las localidades precisas dentro del área se reportan tanto en obras clásicas (Goldman y Salvin 1878-1901, Hoffman 1940 y 1941, Beutelspacher 1980, Llorente 1985), como en trabajos más recientes (Luis y Llorente 1990, Rueda-Salazar y Cano-Santana 2009). De acuerdo con estos trabajos, se reportan 193 especies para la cuenca de México (137 de Papilionoidea y 56 de Hesperioidea), que constituyen 10% de la fauna nacional.

Esta lista es el resultado de la fauna residente más los registros ocasionales, consecuencia de la introducción de orugas en plantas de ornato, migraciones periódicas u ocasionales, del movimiento de individuos que habitan áreas vecinas y de la dispersión por viento (Luis y Llorente 1990). En los últimos años se ha observado la colonización de especies debido a los efectos directos del calentamiento que está sufriendo la cuenca de México, tal como es el caso de *Heliconius charithonia vazquezae*.

En la Ciudad de México se reportan 155 especies (51 de Hesperioidea y 104 de Papilionoidea), que representan 80% de la fauna que conforma la cuenca de México. Las familias más ricas son Nymphalidae y Hesperiidae (cuadro 1, apéndice 39). Existen algunos géneros representados en la entidad que son endémicos, como *Eucheira*, y otros diversificados ampliamente, como *Piruna* y *Paramacera*; así como 31 especies que conforman 7% del total de endémicos del país. Éstos pueden ser endémicos del territorio mexicano (31), a la Faja Volcánica Transmexicana (seis) o a la cuenca de México (tres) (cuadro 1, apéndice 39). Las familias con más endemismos en la ciudad son Nymphalidae y Hesperiidae, con 12 y 11 especies, respectivamente (cuadro 1, apéndice 39).

Distribución

Aun cuando la ciudad reporta más localidades estudiadas que otros estados con un área territorial mayor, todavía faltan zonas por estudiar (figura 1). Por el número de localidades estudiadas, la capital ocupa el vigésimo cuarto lugar entre los estados de la república mexicana, ya que cuenta con 56 sitios donde se tienen registros de mariposas (Luis *et al*. 2003; figura 1).

Para documentar la distribución geográfica de las mariposas se utilizó la megabase Mariposa (Luis *et al*. 2005), en donde se registran 5 861 ejemplares, recolectados entre 1931 y 1996; así como datos de la Reserva del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA), con 114 ejemplares registrados (Rueda-Salazar y Cano-Santana 2009). De este modo, se utilizan 5 975 ejemplares de 52 localidades para la entidad, reflejo de los pocos estudios faunísticos sistemáticos sobre mariposas en la zona (Beutelspacher 1980, Luis y Llorente 1990).

De acuerdo con las seis regiones en que se divide la ciudad, la mayoría de las especies de mariposas se ubican dentro de los Parques y Jardines Urbanos (71% de la fauna de la ciudad), en zonas como el bosque de Chapultepec, el bosque de Tlalpan y San Miguel Ajusco, donde los bosques de coníferas dominan; así como la REPSA, donde predomina el matorral xerófilo (cuadro 1, apéndice 39).

La región Bosques y Cañadas incluye las áreas mejor conservadas de bosque de coníferas dentro de la ciudad, tales como la cañada de los Dinamos, la sierra de las Cruces, Topilejo y las partes altas de Milpa Alta. Aunque sólo registra 44% de la fauna de mariposas de la ciudad, en esta región se concentra el mayor número de ejemplares, resultado del trabajo realizado en la cañada de los Dinamos en la década de 1980, por A. Luis y J. Llorente. Aunque esta cañada es más heterogénea en clima, vegetación y altitud que el bosque de Chapultepec, ambas localidades tienen casi el mismo

Cuadro 1. Riqueza de especies, número de endemismos y distribución de mariposas diurnas por familia. Se muestran los datos del mundo, del país y la cuenca de México para fines comparativos.

	Mundo	México	Cuenca de México	CDMX	México*	FVT**	Cuenca de México**	Total CDMX	PyJ	ByC	SXyM	SSC
Hesperiidae	4 100	800	56	51	185	3	2	11	28	8	0	2
Papilionidae	589	56	10	7	28	1	-	2	6	4	0	1
Pieridae	1 275	90	31	26	34	1	-	4	22	17	6	1
Nymphalidae	7 222	440	71	53	129	3	1	12	40	28	4	16
Lycaenidae	6 564	244	21	15	13	1	0	2	12	11	2	0
Riodinidae	1 419	255	4	3	34	-	-	-	2	1	0	1
Total	21 169	1 885	193	155	423	9	3	31	110	69	12	21

El asterisco denota en número de especies endémicas para el país y el doble asterisco denota la región geográfica en la que se circunscriben las especies endémicas registradas en la ciudad. FVT, Faja Volcanica Transmexicana. . Regiones: PyJ, Parques y Jardines Urbanos; ByC, Bosques y Cañadas; SXyM, Serranías de Xochimilco y Milpa Alta; SSC, Sierra de Santa Catarina.

número de especies; de hecho, la cañada sólo tiene cinco especies más de Papilionoidea. Díaz-Batres y Llorente-Bousquets (2011) reportan 60 especies de Papilionoidea y 29 de Hesperioidea en el bosque de Chapultepec, una alta riqueza que puede deberse a la introducción de plantas en diversas partes del mundo en la zona.

Por otro lado, en las Serranías de Xochimilco y Milpa Alta se registra 7.6% y en la Sierra de Santa Catarina, donde se incluye el cerro de la Estrella, 13.3% de la fauna total de la entidad (cuadro 1).

Las zonas mejor estudiadas se ubican cerca de los asentamientos urbanos o suburbanos, donde la fauna nativa se ve modificada por la introducción de plantas de ornato (figura 1). En las zonas más conservadas o en aquellas sujetas a protección (las definidas como suelo de conservación) existe un vacío en el conocimiento de la riqueza de mariposas que ahí habitan; tal es el caso de los bosques de pino, oyamel y pastizales de Milpa Alta y Topilejo; los bosques de encino y matorral xerófilo de la Sierra de Guadalupe, y los humedales de Tláhuac y Xochimilco, en donde no existe ningún registro (figura 1).

Importancia

Las mariposas diurnas tienen gran importancia ecológica, económica y ambiental. Sus larvas, también conocidas como orugas, son cruciales dentro de los ecosistemas porque mantienen una relación estrecha con las plantas de las que se alimentan, convirtiéndolas en las principales defoliadoras (Scoble 1992). Algunas pueden llegar a ser plagas de cultivos importantes para el hombre, tales como *Leptophobia aripa elodia*, que se alimenta de la col; *Colias eurytheme*, *Pontia protodice* y *Pieris r. rapae*, que se alimentan de la alfalfa, el nabo, el brocóli y el rábano; *Urbanus Dorantes*, que ataca a las plantas de frijol (Ibarra-González y Standford-Camargo 2009).

En su mayoría, las orugas son fitófagas y constituyen las principales transformadoras de materia vegetal en animal, por lo que son alimento frecuente de aves, mamíferos, reptiles y otros artrópodos; otras, como algunos licénidos (pequeñas mariposas de colores brillantes y antenas con anillos de color blanco), se alimentan de líquenes o regurgitaciones de otros insectos; otras más son depredadoras de las hormigas e incluso se llega a dar el canibalismo (Pierce *et al.* 2002, Grimaldi y Engel 2005).

Las mariposas adultas, juegan un papel importante como polinizadoras, además de que también sirven de alimento para otros animales y son componentes abundantes en casi todos los ecosistemas terrestres.

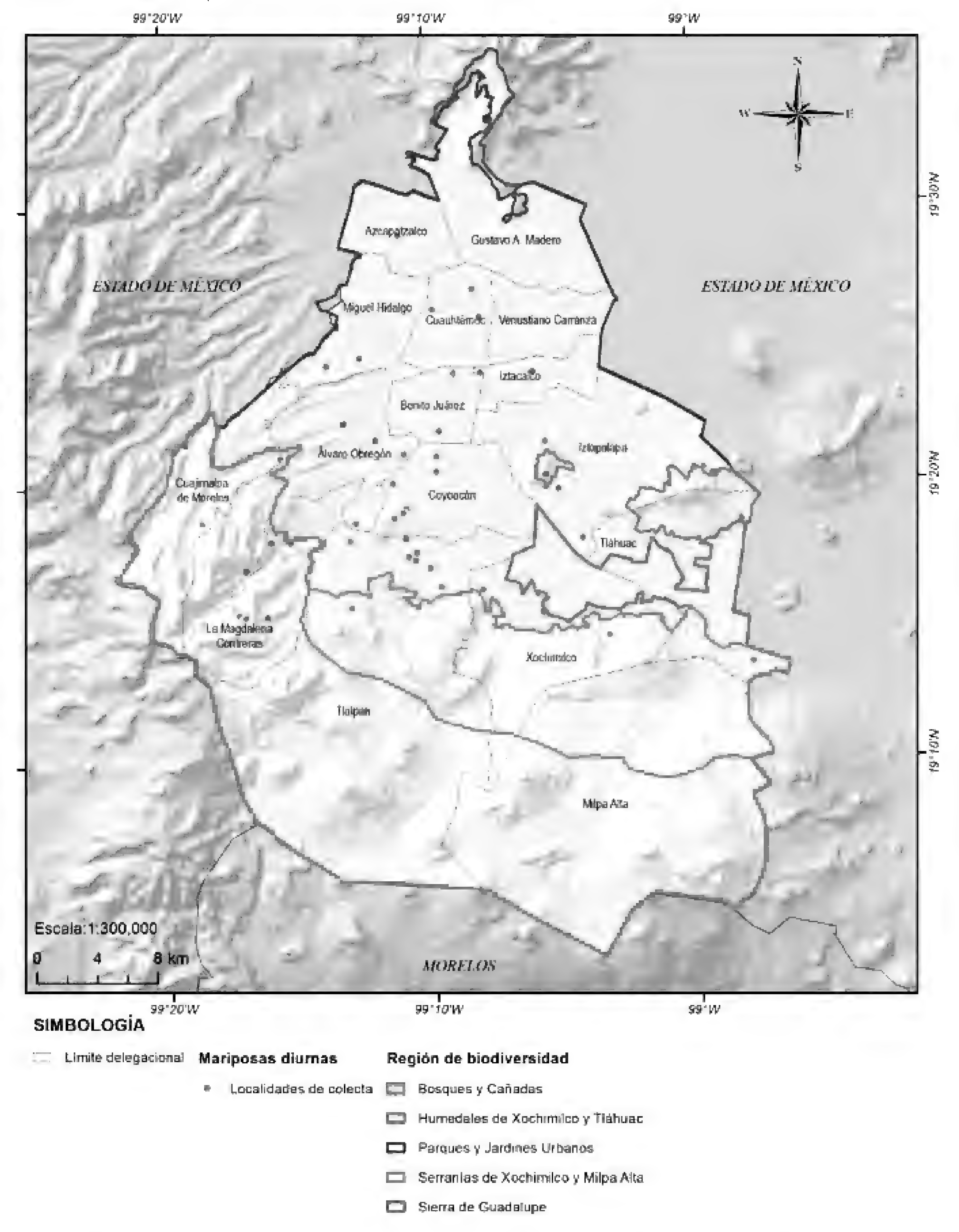


Figura 1. Distribución de las localidades de recolecta de mariposas diurnas en la Ciudad de México. Fuente: elaborado por los autores con información de Luis *et al.* 2005 y Rueda-Salazar y Cano-Santana 2009.

Existen especies adaptadas a un amplio rango de condiciones (*Pterourus m. multicaudata*) y otras con necesidades microambientales muy estrechas (*Anetia t. thirza*, *Gyrocheilus p. patrobas* y *Erynnis mercurius*); además, dado su ciclo de vida corto, las poblaciones responden rápido a cambios en el entorno. Por ello, algunos grupos de mariposas permiten evaluar el efecto de la fragmentación, la reducción de las áreas naturales, el cambio de uso del suelo y la contaminación de los cuerpos de agua. Asimismo, el estado de sus poblaciones es un aspecto importante en el diseño de áreas adecuadas para la conservación (Kremen *et al*. 1993, Oliver y Beattie 1993).

En el ámbito económico se están desarrollando tres campos: la cría de mariposas para su liberación en eventos sociales (como es el caso de *Leptophobia aripa elodia*, figura 2), la creación de mariposarios para exhibición y educación y, el mercado de artesanías con los adultos criados. De los tres campos, el primero es el más desarrollado en la ciudad.

Culturalmente, las mariposas han estado presentes en la vida cotidiana desde la época prehispánica, lo que se refleja en los múltiples hallazgos de figuras de mariposas en diversos murales o documentos, como es el caso del templo de Quetzalcóatl en Teotihuacán.

Conservación

En México existen dos mariposas que figuran dentro de la NOM-059-SEMARNAT-2010 (SEMARNAT 2010). Una de ellas, la monarca (*Danaus p. plexippus*, figura 3), sujeta a protección especial, se encuentra en la Ciudad de México. No obstante, varias especies de la entidad suelen tener densidades poblacionales bajas y hábitats específicos, lo que sugiere la necesidad de realizar estudios actuales sobre la distribución y demografía dentro de la entidad, sobre todo si se considera la presión que ejerce el crecimiento de la mancha urbana y los efectos asociados a éste como la destrucción de hábitats, contaminación, fragmentación de los bosques y extracción de plantas nutricias para las mariposas. Algunas de las especies que deberían ser monitoreadas son *Eucheira s. socialis*, *Polygonia g-argentum*, *Anethia t. thirza*, *Gyrocheilus p. patrobas* y *Cyllopsis psuedopephredo*, ya que no se han registrado recientemente y es necesario determinar si ya están extintas localmente.

El impacto ecológico y económico que está causando la nueva tendencia de liberación de ciertas especies de mariposas en eventos sociales, es un aspecto que hay que estudiar mediante trabajos demográficos, con el fin de conocer el efecto que estas actividades tienen sobre las poblaciones de mariposas silvestres y sobre las plantas de las que se alimentan. Es necesario hacer inventarios faunísticos, de distribución y de biología elemental en las zonas más conservadas dentro de la ciudad, específicamente en el suelo de conservación (figura 1), ya que esto ayudará a conocer mejor el estatus de cada especie, su distribución y los endemismos dentro de la entidad. De igual modo, es necesario monitorear el estado actual de las poblaciones en las zonas ya estudiadas, como la cañada de los Dinamos, ya que seguramente la diversidad es mayor, sobre todo porque los hespéridos aún no se han reportado para la zona.

Conclusión

El estudio y conservación de las mariposas, así como de las áreas donde éstas habitan es relevante, ya que constituyen uno de los grupos de insectos más diverso y de mayor importancia para el humano. A pesar de que la ciudad es una entidad relativamente pequeña, contiene una diversidad considerable de este grupo, la cual aún no se conoce plenamente. Es necesario realizar estudios sobre todo en los bosques que constituyen el suelo de conservación, ya que representan las áreas mejor conservadas y de las que menos conocimiento se tiene. De igual



Figura 2. *Leptophobia aripa elodia*, especie utilizada comercialmente para su liberación en eventos sociales. Foto: Uri O. García Vázquez.

Figura 3. La mariposa monarca, *Danaus plexippus plexippus*. Es la única especie de este grupo que se encuentra protegida bajo la categoría de protección especial. Foto: Uri O. García Vázquez.

modo, es preciso determinar la distribución geográfica y el estado de las poblaciones de las especies amenazadas, así como de las posibles plagas en la entidad. Las mariposas constituyen un excelente grupo indicador de la salud de los ecosistemas, por lo que deben ser utilizadas para la toma de decisiones relacionadas con la conservación y el manejo de éstos.

Referencias

Beutelspacher, C.R. 1980. *Mariposas diurnas del valle de México*. Ediciones Científicas La Prensa Médica Mexicana, México.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2006. *Capital natural y bienestar social*. México. CONABIO.

Díaz-Batres, M. E. y J. Llorente. 2011. Mariposas de Chapultepec. Guía Visual. Ed. Panorama, México.

Goldman, F.D. e I.O. Salvin. 1878-1901. Biologia Centrali Americana, vols. 1, 2 y 3. Zoología, Insecta, Lepidoptera, Rhopalocera. En: <*http://www.sil.si.edu/digitalcollections/bca/explore.cfm*> , última consulta: 2 de mayo de 2106.

Grimaldi, D. y M.S. Engel. 2005. *Evolution of the insects*. Cambridge University Press, Nueva York.

Hoffman, C.C. 1940. Catálogo sistemático y zoogeográfico de los lepidópteros mexicanos. Primera parte. Papilionoidea. *Anales del Instituto de Biología* 11(2):639-739.

——. 1941. Catálogo sistemático y zoogeográfico de los lepidópteros mexicanos. Segunda parte. Hesperioidea. *Anales del Instituto de Biología* 12(1):237-294.

Ibarra-González, M.P. y S.G. Standford-Camargo. 2009. Lepidópteros. Pp. 103-107. En: *La diversidad biológica del Estado de México. Estudio de estado*. Gobierno del Estado de México (ed.). G. Ceballos, R. List, G. Garduño, *et al.* (comps.). Colección Mayor. Estado de México: Patrimonio de un pueblo. Toluca, Estado de México.

Kremen, C., R.K. Colwell, T.L. Erwin, *et al.* 1993. Terrestrial arthropod assemblages: their use as indicators in conservation planning. *Conservation Biology* 7(4):796-808.

Lamas, G. 2004. Atlas of Neotropical Lepidoptera. Checklist: part 4a. Hesperioidea–Papilionoidea. Pp. 439. En: *Mc Guire Center for Lepidoptera and Biodiversity Association for Tropical Lepidoptera*. G. Lamas. (ed.). Scientific Publishers, Gainesville, Florida.

Llorente, B.J. 1985. La vida silvestre en el Valle de México (Mariposas). Pp. 23-28. En: *Imagen de la gran capital. Enciclopedia de México*, México.

Llorente, B.J., A.M. Luis, I.F. Vargas y J. Soberón. 1996. Papilionoidea (Lepidoptera), Pp. 531-548. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. J. Llorente B., A.N. García A. y E. González S. (eds.). UNAM, México.

Luis, M.A. y J.B. Llorente. 1990. Mariposas en el Valle de México: Introducción e historia. 1. Distribución local y estacional de los Papilionoidea de la Cañada de los Dínamos, Magdalena Contreras, D.F., México. *Folia Entomológica* Mexicana 78:95-198.

Luis, M.A., J.B. Llorente, I.F. Vargas y A. Gutiérrez. 2000. Síntesis preliminar del conocimiento de los Papilionoidea (Lepidoptera: Insecta) de México. Pp. 275-285. En: *Monografías Tercer Milenio*, vol. I. F. Martín-Piera, J.J. Morrone y A. Melic (eds.). Sociedad Entomológica Aragonesa, Zaragoza, España.

Luis, M.A., J.B. Llorente, I.F. Vargas y A.D. Warren. 2003. Biodiversity and Biogeography of Mexican butterflies (Lepidoptera: Papilionidea y Hesperioidea). *Proceedings of the Entomological Society of Washington* 105(1):209-224.

Luis, M.A., J. Llorente e I. Vargas. 2005. Una megabase de datos de mariposas de México y la regionalización biogeográfica. Pp. 269-294. En: *Regionalización biogeográfica en Iberoamérica y tópicos afines: Primeras Jornadas Biogeográficas* RIBES. J. Llorente y J.J. Morrone (eds.). Las Prensas Ciencias, Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Oliver, I. y A.J. Beattie. 1993. A possible method for the rapid assessment of biodiversity. *Conservation Biology* 7:562-568.

Pierce, N.E., M.F. Braby, A. Heath, *et al.* 2002. The ecology and evolution of ant association in the Lycaenidae (Lepidoptera). *Annual Review of Entomology* 47:733-71.

Rueda-Salazar, A.M. y Z. Cano-Santana. 2009. Artropodofauna. Pp. 171-201. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Scoble, M.J. 1992. *The Lepidoptera. Form, function and diversity.* The Natural History Museum and Oxford University Press, Oxford.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT 2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. México. Texto vigente.

Palomillas o mariposas nocturnas (Lepidoptera)

Ariana Romero Mata
Zenón Cano Santana

A la memoria de Erika A. Vázquez Mata
(1987-2011)

Descripción

Las palomillas, polillas o mariposas nocturnas son insectos que junto con las mariposas diurnas conforman el orden Lepidoptera. Los rasgos que las palomillas comparten con las mariposas diurnas son las alas escamosas, el aparato bucal en forma de espiral (espiritrompa) y la metamorfosis completa, durante la cual presentan larvas con tres pares de patas articuladas en su tórax y falsas patas en su abdomen (Borror y White 1970).

Las palomillas comprenden 130 000 especies (Pozo *et al.* 2011) que antiguamente se agrupaban en el suborden Heterocera. Se distinguen de las mariposas diurnas por presentar antenas de variadas formas, en tanto las mariposas tienen antenas delgadas que terminan en un engrosamiento en su punta, conocido como maza antenal (McGavin 2002). Otros rasgos que, en general, distinguen a las palomillas de las mariposas diurnas son: hábitos nocturnos; presencia de un capullo en el que se protegen las pupas; cuerpos generalmente voluminosos; colores de las alas parduzcos; incapacidad de mantener las alas dobladas hacia atrás, por lo que se encuentran extendidas en reposo; pupas lisas y de colores oscuros; cuerpo cubierto por escamas (Vázquez 1987, Borror *et al.* 1989, McGavin 2002, Pozo *et al.* 2011; figura 1). La diversidad de los rasgos de las palomillas es tan grande que existen excepciones, pues algunas de éstas son diurnas, algunas otras no forman capullo, presentan colores brillantes y llamativos, o pueden doblar sus alas hacia atrás formando un tejado (McGavin 2002, Prado *et al.* 2011).

En su etapa inmadura, las palomillas son orugas que se alimentan principalmente de hojas, aunque también pueden comer detritos (residuos que provienen de la descomposición de tejidos animales o vegetales), heces y hongos; después, pasan a la etapa de pupa protegiéndose en un capullo para finalmente convertirse en palomillas en su etapa adulta (De la Maza 1987). En el estado adulto se alimentan de néctar, agua y ácidos de frutas; y su tiempo de vida varía de algunas semanas hasta un año, según la especie (Procházka y Moucha 1966).

Algunas especies de orugas de las palomillas tienen un hábito gregario que las hace concentrarse en gran número sobre una sola planta individual, como es el caso del gusano de bolsa (*Malacosoma incurvum* var. *aztecum*) que se alimenta de los ahuejotes

Romero-Mata, A. y Z. Cano-Santana. 2016. Palomillas o mariposas nocturnas (Lepidoptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 343-352.



Figura 1. La palomilla *Enyo lugubris*. Foto: Juan Carlos T. García Morales/Banco de imágenes CONABIO.

(*Salix bonplandiana*) de las chinampas de los humedales de Xochimilco y Tláhuac (GDF 2007) y las orugas de *Hypocrisias lisoma* que se agrega en los teclacotes (*Verbesina virgata*) de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) de Ciudad Universitaria (Ruvalcaba-Sánchez *et al.* 2009). Estudios recientes muestran que las palomillas constituyen un grupo artificial integrado por cuatro subórdenes (Zeugloptera, Aglossata, Heterobathmiina y Glossata) y 40 superfamilias diferentes, al que pertenece 85% de los lepidópteros; en contraste, las mariposas diurnas (Rophalocera) están incluidas en un solo suborden (Glossata) y en sólo dos superfamilias (Hesperoidea y Papilionidea) (McGavin 2002). En este capítulo se revisan las palomillas registradas en la Ciudad de México.

Diversidad y distribución

Actualmente se conocen 4 201 especies de palomillas en el país, pero se estima que existen 31 000 (Prado *et al.* 2011), lo cual indica que conocemos muy poco este grupo. En la entidad se registran 667 especies y subespecies (15.9% de las conocidas en México) pertenecientes a 27 familias, siendo Noctuidae, Geometridae, Arctiidae, Sphingidae y Crambidae las más ricas, con 288, 117, 64, 58 y 51 especies, respectivamente (cuadro 1; apéndice 1). De las especies registradas en la entidad, 26 son endémicas de México, ocho especies de Saturniidae y 18 de Arctiidae (Balcázar-Lara y Beutelspacher 2000*a*, *b*; apéndice 40). Ninguna especie de palomillas aparece en la NOM 059 (SEMARNAT 2010) ni en la lista de la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2011).

Las palomillas se distribuyen por toda la ciudad, incluyendo los humedales y la zona urbana (cuadro 2). Su amplia distribución se puede inferir a partir de la alta frecuencia con que las palomillas adultas ingresan durante la noche a las casas habitación de la zona urbana y pequeños poblados atraídas por la iluminación artificial (Cano-Santana obs. pers.).

Algunas palomillas comunes en la ciudad son evidentes por la notoriedad de sus orugas, como el caso del gusanito medidor de la especie *Acronyctodes mexicanaria*, especializado en alimentarse de los tepozanes (*Buddleja cordata*; García-García 2004), y la oruga esfinge de la especie *Sphinx lugens*, que se alimenta exclusivamente de las hojas del tabaquillo (*Wigandia urens*; Cano-Santana y Oyama 1993). Estas plantas hospederas de palomillas son muy abundantes en toda la entidad, pues crecen en muros y techos de construcciones abandonadas, lotes baldíos y áreas naturales sometidas a disturbio por apertura de caminos.

Cuadro 1. Número de especies y subespecies por familia de palomillas (Lepidoptera: Heterocera).

Familia	No. de especies y subespecies
Apatelodidae	3
Arctiidae	64
Cossidae	2
Crambidae	50
Erebidae	2
Geometridae	115
Gracillariidae	1
Hepialidae	3
Lasiocampidae	4
Lymantriidae	1
Lymantiidae	3
Mimallonidae	3
Noctuidae	286
Nolidae	3
Notodontidae	11
Pantheidae	6
Psychidae	1
Pterophoroideae	1
Pyralidae	17
Saturniidae	20
Sessidae	2
Sphingidae	52
Thyrididae	1
Tineidae	2
Tortricidae	5
Uraniidae	4
Zygaenidae	5
Total	667

Fuente: elaboración propia.

Importancia

Las palomillas dependen estrechamente de las plantas pues, como ya se mencionó, éstas constituyen su principal alimento y hábitat; a su vez, las plantas dependen de estos insectos para reproducirse, debido a que desempeñan la tarea de polinizadores (Daly *et al*. 1998).

Dado el hábito herbívoro de sus orugas, las mariposas nocturnas también tienen importancia económica, ya que producen graves daños a las hortalizas y a los árboles. Las larvas del gusano de bolsa se alimentan del follaje de ciertas especies de árboles provocando que se reduzca su crecimiento y vigor, entre los que se incluye el durazno (*Prunus persica*) y los ahuejotes (*Salix bonplandiana*), estos últimos son utilizados para la fijación de las chinampas (Cibrián *et al*. 1995, López-Rosas 2009). Otras plantas afectadas por larvas de palomillas son los pinos de navidad (por *Retinia edemoidana*), la hierbabuena (por *Estigmene acrea*) y el jitomate (por *Aspila virescens* y *Spodoptera exigua*; Cibrián *et al*. 1995, Bautista 2006, López-Rosas 2009).

Estos organismos constituyen el alimento de una gran variedad de animales: los adultos son presa de murciélagos, roedores, zorras, ranas, lagartijas y arañas, en tanto que las larvas son alimento de hormigas, avispas, chinches depredadoras, escarabajos depredadores (incluyendo catarinas), hormigas león (Neuroptera), arañas, roedores y aves

Cuadro 2. Distribución de algunas familias de palomillas en la Ciudad de México. Los números indican la cantidad de especies que integran cada familia registradas en cada localidad.

Localidad (Delegación)	Región	Familia										
		Arc	Cra	Geo	Noc	Not	Pan	Pyr	Sat	Sph	Ura	Zyg
Ajusco (TL)	BYC	15	-	-	39	2	1	-	3	4	2	2
Cerro Chiquihuite (GAM)	SG	-	1	2	1	-	-	-	-	-	-	-
Chapultepec (MIH)	PYJU	4	-	-	-	-	-	1	-	-	-	-
Cuajimalpa (CUAJ)	BYC	1	-	6	-	-	-	-	-	-	-	-
Desierto de los Leones (CUAJ)	BYC	-	1	4	3	-	1	-	-	-	-	-
La Venta (CUAJ)	BYC	-	5	30	6	2	-	1	1	-	1	1
Mixcoac (BJ)	PYJU	-	2	2	-	-	-	2	1	-	-	-
Paseo de la Reforma (CUAU)	PYJU	-	-	-	9	-	-	-	-	-	-	-
Presa Tarango (AO)	PYJU	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
REPSA (COY)	PYJU	4	-	14	110	2	2	-	5	38	-	-
San Ángel (AO)	PYJU	22	1	3	11	1	-	2	1	1	-	-
Xochimilco (XOCH)	SXYMA/HXYT	-	3	2	26	-	1	-	1	-	-	-

Delegaciones: AO, Álvaro Obregón; BJ, Benito Juárez; COY, Coyoacán; CUAJ, Cuajimalpa; CUAU, Cuauhtémoc; GAM, Gustavo A. Madero; MIH, Miguel Hidalgo; TL, Tlalpan; XOCH, Xochimilco. Regiones: BYC, Bosques y Cañadas; HXYT, Humedales de Xochimilco y Tláhuac; PYJU, Parques y Jardines Urbanos; SG, Sierra de Guadalupe; SXYMA, Serranías de Xochimilco y Milpa Alta. Familias: ARC, Arctiidae; CRA, Crambidae; GEO, Geometridae; NOC, Noctuidae; NOT, Notodontidae; PAN, Pantheidae; PYR, Pyralidae; SAT, Saturniidae; SPH, Sphingidae; URA, Uraniidae; ZYG, Zygaenidae.. Los números indican el número de especies de cada familia registradas en cada localidad.
Fuente: los datos de la Reserva Ecologica del Pedregal de San Angel (REPSA) son actualizados de Rueda-Salazar y Cano-Santana (2009), y los de las demas localidades son de Beutelspacher (1992, 2013).

(Common 1990, Montllor y Bernays 1993). Sus larvas también son atacadas por dípteros y avispas parasitoides, que se llaman así porque son parásitos que terminan matando al hospedero (Weseloh 1993), aunque también pueden albergar parásitos verdaderos, como ácaros, nemátodos y protozoarios (Common 1990).

Las larvas de las mariposas nocturnas que tienen pelos u ornamentaciones urticantes, genéricamente conocidas como "azotadores" o "quemadores" (Vázquez 1987), tienen importancia médica debido a que dichas estructuras pueden causar alergias a las personas (Cibrián *et al.* 1995), como las de las larvas de *M. incurvum var. aztecum* y las de la palomilla "cuatro espejos" *Rothschildia orizaba*.

Las palomillas tienen importancia cultural por su papel en el conocimiento de las tribus precolombinas de la cuenca de México. A la mariposa *Ascalapha odorata* (figura 2) los aztecas la llamaban mariposa del país de los muertos (*mictlanpapalotl*), del espanto (*tetzahuapapalotl*) o de la mala suerte (*miquipapalotl*), a la cual se le atribuye el mito de que si la mariposa se posa en las paredes de la casa donde hay un enfermo, éste muere (De la Maza 1987). La palomilla "cuatro espejos", por su parte, era conocida por los aztecas como *itzpapalotl* (mariposa con puntas de obsidiana), y se le asociaba con la diosa guerrera del mismo nombre que representaba el fuego nocturno mayor (la Vía Láctea) y gobernaba *Temoanchan*, paraíso de los que morían siendo niños y el lugar en el que fueron creados los hombres (Aguilera 1985, Wikipedia 2013). Aguilera (1985) menciona que a esta diosa se le representa como una mujer monstruosa y esquelética que mataba humanos con sus garras y colmillos y comía sus corazones, en tanto que a la palomilla se le consideraba patrona de los brujos que hacían sus conjuros

Figura 2. La palomilla *Ascalapha odorata*, conocida como la mariposa del país de los muertos o mictlanpapalotl por los aztecas. Foto: Juan Carlos T. García Morales/Banco de imágenes CONABIO.



Figura 3. Chinicuiles o gusanos rojos de maguey (*Comadia redtenbacheri*) preparados para consumo humano. Foto: Zenón Cano-Santana.

para hacer el mal, así como de los malhechores que robaban y delinquían durante la noche. Este autor sugiere que el nombre náhuatl de la palomilla "cuatro espejos" hace alusión a la navaja de obsidiana conocida como "ala de mariposa" que era usada por los médicos sangradores, una clase especial de hechiceros aztecas. Aguilera (1985) también menciona que los aztecas denominaban *ocuillin* de manera general a las orugas de las palomillas, entre los que se distinguen los gusanos rojos del maguey (*chilocuillin*, chilocuiles o chinicuiles; larvas de *Comadia redtenbacheri*; figura 3), que tienen importancia como alimento y como el toque especial que se le da al añadírselas a las botellas en las que se vende el mezcal oaxaqueño (Chagoya-Lizama 2008).

Amenazas

Las palomillas están gravemente afectadas por la urbanización que reduce la disponibilidad de áreas verdes donde se encuentran las plantas de las que se alimentan en estado de larvas y a las que poliniza en estado adulto. En la década de 1950, en la Ciudad de México coexistían áreas urbanas con campos de cultivo y de pastoreo, terrenos baldíos, parques y jardines públicos. Lamentablemente, los campos de cultivo y pastoreo, las granjas lecheras y los maizales domésticos han desaparecido desde entonces a una tasa anual de 7.4%, mientras que los parques y jardines se han reducido a una tasa de 1.5% anual (Ezcurra *et al.* 2006).

La pérdida de especies de palomillas está íntimamente ligada a la de las plantas hospederas que le sirven a las orugas de alimento y hábitat. Se sabe, por ejemplo, que el gusanito medidor *A. mexicanaria* (García-García 2004; figura 4), el gusano esfinge *S. lugens* (Cano-Santana y Oyama 1993) y la oruga de *Lophoceramica pyrrha* (Cano-Santana y Oyama 1992) tienen alta especificidad hacia las plantas que consumen, el primero al tepozán y los otros dos al tabaquillo. Esto significa que la desaparición de estas plantas conlleva necesariamente a la desaparición de las palomillas que de ellas se alimentan.

Beutelspacher (1972) mostró los efectos de la urbanización sobre la diversidad de especies de palomillas. Al comparar las palomillas de la familia Sphingidae colectadas en el Pedregal de San Ángel en 1967-1969 y las colectadas por Mooser (1939) a finales de la década de 1930, encontró una reducción del número de especies (de 41 a 21), y diagnosticó que al menos 10 especies habrían desaparecido en la localidad, entre las que se encuentran *Manduca ochus*, *M. rustica*, *M. sesquiplex*, *Sphinx leucophaeata* y *Monarda oryx*. Este autor predijo que seguiría disminuyendo el número de especies de palomillas debido a las modificaciones inducidas por la urbanización y por la reducción de zonas conservadas con plantas silvestres. Discute también que la reducción en el registro de especies de palomillas fue provocado por las dificultades para colectarlas, ya que la iluminación artificial provoca la dispersión de estos insectos por toda la zona urbana.

Además, Frank (2006) sugiere, con base en una revisión bibliográfica, que la luz artificial constituye un factor que favorece la mortalidad y la reducción de la fecundidad de las palomillas debido a múltiples factores, entre los que se encuentran: 1) el aturdimiento que provoca en estos animales acostumbrados a la oscuridad, lo que les impide responder eficazmente a las hormonas femeninas o al ataque de depredadores; 2) la concentración de poblaciones alrededor de las fuentes de luz que facilita el ataque de murciélagos, aves y arañas; 3) el daño traumático o la muerte causados por la deshidratación o la incineración de cuerpos por acercarse a fuentes de luz que también emiten calor, y 4) la inversión de energía que éstas hacen para volar hacia las fuentes de luz, lo que socava el tiempo requerido para el cortejo, el apareamiento, la puesta de huevos y la alimentación, entre otros factores.

Finalmente, otro factor poco cuantificado que reduce las poblaciones de palomillas es la

costumbre de hacerles daño o matarlas debido a las fobias y a la ignorancia de las personas que las relacionan con mitos y leyendas populares que las hacen ver como un símbolo de malos augurios (Prado *et al.* 2011, Romero-Mata y Cano-Santana obs. pers.). Aunque no está aceptado formalmente en el idioma español, la palabra *motefobia*, que significa fobia a las palomillas (Rafailov 2003), es un término que se está usando profusamente en la web.

Los factores mencionados pueden estar reduciendo de manera grave los tamaños poblacionales y la diversidad de palomillas de la Ciudad de México, pero esto no está documentado, salvo por el estudio de Beutelspacher (1972) ya mencionado. Ruvalcaba-Sánchez *et al.* (2009) documentan que las larvas de *Hypocrisias lisoma* experimentaron un brote masivo en la REPSA en 1995, pero desde 1999 es muy difícil encontrarlas. Asimismo, se ha detectado que la frecuencia con la que se puede ver a la palomilla "cuatro espejos" en la ciudad es actualmente muy baja (ver, p. ej., CONABIO 2013) en comparación con la alta frecuencia con la que se observaban sus orugas y adultos en el periodo 1967-1972 (Cano-Santana obs. pers.), y muy probablemente en años anteriores.

Conservación

Una estrategia adecuada para proteger a las palomillas y en general a toda la biota de la entidad ha sido la política de instaurar áreas naturales protegidas con la finalidad de conservar los ecosistemas naturales, pues esto permite la conservación de las plantas y de todos los animales que dependen de éstas. Esto es particularmente relevante si se considera que muchas especies de animales están



Figura 4. Gusanito medidor del tepozán (*Acronyctodes mexicanaria*, Geometridae). Foto: Ixchel González-Ramírez y Antar M. Pérez-Botello.

pasando desapercibidas para los científicos y requieren ser urgentemente estudiadas.

Para evitar los efectos negativos de la iluminación artificial sobre las palomillas, Frank (2006) sugiere que la iluminación artificial doméstica y urbana se limite a zonas en donde es absolutamente necesaria, y que las luminarias sean acompañadas por dispositivos que permitan que ésta se dirija sólo hacia las zonas precisas que se desea iluminar, evitando que la luz se disperse. Otra posibilidad es que las luminarias sean acompañadas de sensores de movimiento que activen su encendido para ser usadas sólo en los momentos en que son útiles, tal como ya ocurre en ciertos puntos inseguros de la ciudad (véase SEDEMA y OM 2011). Otra política adecuada es la de restaurar los ecosistemas dañados o destruidos utilizando plantas nativas del valle de México con fines de reforestación (Sheinbaum 2008). También sería muy importante que se diseñaran programas de educación ambiental dirigidos a la comunidad para enseñarles a valorar la función ecológica de las palomillas y otros animales invertebrados silvestres, calificados instintivamente por una parte de los capitalinos como "desagradables". La civilidad de una sociedad humana se mide por el respeto que se le debe tener a éstas y otras criaturas por su alto valor intrínseco, así como por el importante papel que estas tienen en el funcionamiento de los ecosistemas.

Conclusión

En México no hay un plan de conservación específico para las palomillas; sin embargo, este aspecto debe enmendarse por el importante rol que estos insectos tienen en las cadenas alimentarias. Un plan de conservación para las palomillas debe incluir la protección de las áreas rurales y de vegetación natural, frenar el crecimiento de la mancha urbana, llevar a cabo acciones de restauración ecológica, hacer programas de uso racional de la iluminación artificial, así como programas de educación ambiental dirigidos a sus habitantes, con el fin de valorar a las palomillas y otros animales invertebrados como parte de la riqueza cultural y biótica de nuestra entidad.

Una posibilidad, entre muchas otras que pueden incluir programas de radio y televisión de alta calidad y contenidos entretenidos, es la instauración de programas dirigidos a los niños, jóvenes y público en general para que cultiven palomillas en frascos, o bien, se hagan observaciones nocturnas atrayendo las mariposas con fuentes de luz (véase OPEPA 2013). Lo anterior permitiría acercar la vida de estos animales a las vivencias de los jóvenes capitalinos. Otra posibilidad es instaurar un mariposario de palomillas en el que los habitantes estén en contacto con las especies más carismáticas de este grupo de insectos, tal como se hace con las mariposas diurnas y otros artrópodos en el mariposario y en el insectario del Zoológico de Chapultepec (MZCH 2013).

Es importante invertir en proyectos que motiven los estudios de diversidad de palomillas de la entidad en localidades donde el conocimiento de este grupo es pobre (véase el cuadro 2), como la extensa zona urbana, la sierra de Santa Catarina, el cerro de la Estrella, así como en las zonas rurales y de vegetación natural de Xochimilco, Milpa Alta, Tlalpan y Contreras.

Agradecimientos

Agradecemos a Iván Castellanos-Vargas y Paulina Corona su apoyo técnico y la revisión del manuscrito, a Daniela Fernández su ayuda en la búsqueda de información y a Laura Cárdenas por facilitarnos fotografías del Banco de imágenes de CONABIO.

Referencias

Aguilera, C. 1985. *Flora y fauna mexicana*. Everest Mexicana, México.

Balcázar-Lara, M.A. y C.R. Beutelspacher. 2000*a*. Saturniidae (Lepidoptera). Pp. 501-513. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. II. J. Llorente-Bousquets, E. González, y N. Papavero (eds.). Facultad de Ciencias, UNAM, México.

——. 2000*b*. Arctiidae: Lithossinae, Arctiinae, Pericopinae (Lepidoptera). Pp. 514-525. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. J. Llorente-Bousquets, E. González y N. Papavero (eds.), vol II. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Bautista, N. 2006. *Insectos plaga. Una guía ilustrada para su identificación*. Colegio de Posgraduados, Montecillo, Estado de México.

Beutelspacher, C.R. 1972. La familia Sphingidae (Insecta: Lepidoptera) en el Pedregal de San Ángel, D.F. México. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM 1:17-24.

——. 1992. *Catálogo de la colección Roberto Müller (Lepidoptera: Heterocera) del Museo de Historia Natural de la Ciudad de México*. UNAM, México.

—. 2013. Las mariposas nocturnas del valle de México. UNAM, México.

Borror, D.J. y R.E. White. 1970. *A field guide to the insects of America north of Mexico*. Houghton Mifflin Co., Boston.

Borror, D.J., C.A. Triplehorn y N.F. Johnson. 1989. *An introduction to study of insects*. Saunders College Publishing, Fort Worth.

Cano-Santana, Z. y K. Oyama. 1992. Tricomas foliares, calidad del alimento y eficiencias de alimentación y crecimiento de *Lophoceramica pyrrha*. *Southwestern Entomologist* 17 (4):333-339.

——. 1993. Crecimiento de *Sphinx lugens* Walk. (Lepidoptera: Sphingidae) bajo una dieta de hojas híspidas y lisas de *Wigandia urens* (Ruiz & Pavón) HBK (Hydrophyllaceae). *Folia Entomológica Mexicana* 87:13-20.

Chagoya-Lizama, V. 2008. *Desempeño del gusano rojo de maguey* Comadia redtenbacheri Hamm. (Lepidoptera: Cossidae) *en diferentes hospederos*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Common, I.F.B. 1990. *Moths of Australia*. Melbourne University Press, Melbourne, Australia.

Cibrián, D., J.T. Méndez, R. Campos, *et al.* 1995. *Insectos forestales de México*. Universidad Autónoma Chapingo, Chapingo, Estado de México.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2011. Apéndices I, II y III. En: <*http://www.cites.org/esp/app/appendices.php*>, última consulta: 28 de marzo de 2012.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2013. Cuatro espejos (*Rothschildia orizaba*). En: <*http://conabio.inaturalist.org/taxa/204765-Rothschildia-orizaba*>, última consulta: 29 de agosto de 2013.

Daly, V.H., J.T. Doyen y A.H. Purcell III. 1998. *Introduction to insect biology and diversity*. Oxford University Press, Nueva York.

De la Maza, R. 1987. *Mariposas mexicanas*. FCE, México.

Ezcurra, E., M. Mazari, I. Pisanty y A.G. Aguilar. 2006. *La cuenca de México*. FCE, México.

Frank, K.D. 2006. Effects of artificial night lighting on moths. Pp. 305-344. En: *Ecological consequences of artificial night lighting*. C. Rich y T. Longcore (eds.) Island Press, Washington, D.C.

García-García, P. L. 2004. *Desempeño y ecología alimentaria de* Acronyctodes mexicanaria *(Lepidoptera: Geometridae) sobre* Buddleia cordata *(Loganiaceae) de distinto sexo*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

GDF. Gobierno del Distrito Federal. 2007. III. Preservación de los ecosistemas. Pp. 46-57. En: Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. Primer Informe. México. En: <*http://www.sma.df.gob.mx/sma/links/download/archivos/1er_informe_sma_2007/03ecosistemas.pdf*>, última consulta 6 de abril de 2016.

López-Rosas, F.J. 2009. *Artrópodos asociados al cultivo de hierbabuena* (Mentha spicata L. var. tashkent) *en el predio Las Ánimas, Tulyehualco, D.F.* Informe de servicio social de Licenciatura. UAM Xochimilco, México.

MZCH. Mariposario del Zoológico de Chapultepec. 2013. Portal. En: <*http://www.mariposario.org.mx/index.html*>, última consulta: 29 de agosto de 2013.

McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.

Montllor, C.B. y E.A. Bernays. 1993. Invertebrate predators and caterpillar foraging. Pp. 170-202. En: N.E. Stamp y T.M. Casey (eds). *Caterpillars. Ecological and evolutionary constrains on foraging*. Chapman & Hall, Nueva York.

Mooser, O. 1939. Fauna mexicana III. Enumeración de los esfíngidos mexicanos. *Anales de la Escuela Nacional de Ciencias Biológicas*, México 1:407-458.

OPEPA. Organización para la Educación y Protección Ambiental. 2013. Mariposas y polillas. En: <*http://www.opepa.org/index.php?option=com_content&task=view&id=212&Itemid=29*>, última consulta: 28 de agosto de 2013.

Pozo, C., N. Salas y A. Maya. 2011. Mariposas. Pp. 186-191. En: *Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación*, tomo 2. C. Pozo (ed.). CONABIO/ECOSUR/ Gobierno de Quintana Roo/Programa de Pequeñas Donaciones, México

Prado, B.R., E. Domínguez y C. Pozo. 2011. Palomillas. Pp. 192-196. En: *Riqueza biológica de Quintana Roo: un análisis para su conservación*, tomo 2. C. Pozo (ed.). CONABIO/ECOSUR/ Gobierno de Quintana Roo/Programa de Pequeñas Donaciones, México.

Procházka, F. y J. Moucha. 1966. *Las mariposas nocturnas*. Queromón Editores, México.

Rafailov, I. 2003. *Dicionário Igor de fobias*. LivroRápido, Recife, Brasil.

Rueda-Salazar, A.M. y Z. Cano-Santana. 2009. Artropodofauna. Pp. 171-211. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Ruvalcaba-Sánchez, L.I., Z. Cano-Santana, I. Sánchez-Gallén, *et al.* 2009. Estructura de la comunidad de invertebrados epífitos asociados a *Verbesina virgata* (Asteraceae). Pp. 433-440. En: *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

SEDEMA y OM. Secretaría de Medio Ambiente y Oficialía Mayor. 2011. Lineamientos generales para la adquisición de bienes con características y especificaciones de menor grado de impacto ambiental. Publicados el 14 de junio del 2011 en la Gaceta Oficial del Distrito Federal. Texto vigente.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sheinbaum, C. 2008. *Problemática ambiental de la Ciudad de México. Diagnóstico y experiencias de gestión 2001-2006*. Limusa, México.

Vázquez G., L. 1987. *Zoología del Phylum Arthropoda*. Interamericana, México.

Weseloh, R.M. 1993. Potential effects of parasitoids on the evolution of caterpillar foraging behavior. Pp. 203-223. En: *Caterpillars. Ecological and evolutionary constrains* on foraging. N.E. Stamp y T.M. Casey (eds.). Chapman & Hall, Nueva York.

Wikipedia. 2013. Iztapapalotl. En: <*http://en.wikipedia.org/wiki/Itzpapalotl*>, última consulta: 30 de agosto de 2013.

Hormigas (Formicidae)

Rosa Gabriela Castaño Meneses

Descripción

Las hormigas, junto con las abejas y las avispas, son insectos que integran el orden Hymenoptera. Presentan un comportamiento social verdadero, esto es, con castas reproductivas, división de trabajo y sobrelapamiento de generaciones (Hölldobler y Wilson 1990). Las hormigas se agrupan en la familia Formicidae y tienen metamorfosis completa, sus estadios de desarrollo son huevo, larva, pupa y adulto (figura 1).

Las hormigas se consideran de gran importancia para los estudios de biodiversidad ya que ocupan diferentes ambientes, explotan distintos recursos y establecen relaciones con una gran variedad de organismos (Alonso y Agosti 2000). Son consideradas "ingenieras del ecosistema" porque diseñan y construyen nidos; así como por la búsqueda y cultivo de sus alimentos. Son capaces de crear y modificar su ambiente y promueven el establecimiento de diversas especies (Folgarait 1998). La abundancia, número y composición de especies pueden indicar el estado de conservación o alteración del ecosistema y proporcionan información de la presencia de otros organismos, puesto que muchas especies de hormigas establecen relaciones estrechas con plantas (como acacias), animales (homópteros, colémbolos, escarabajos) y hongos, como el caso de las hormigas cortadoras o arrieras (*Atta* spp.).

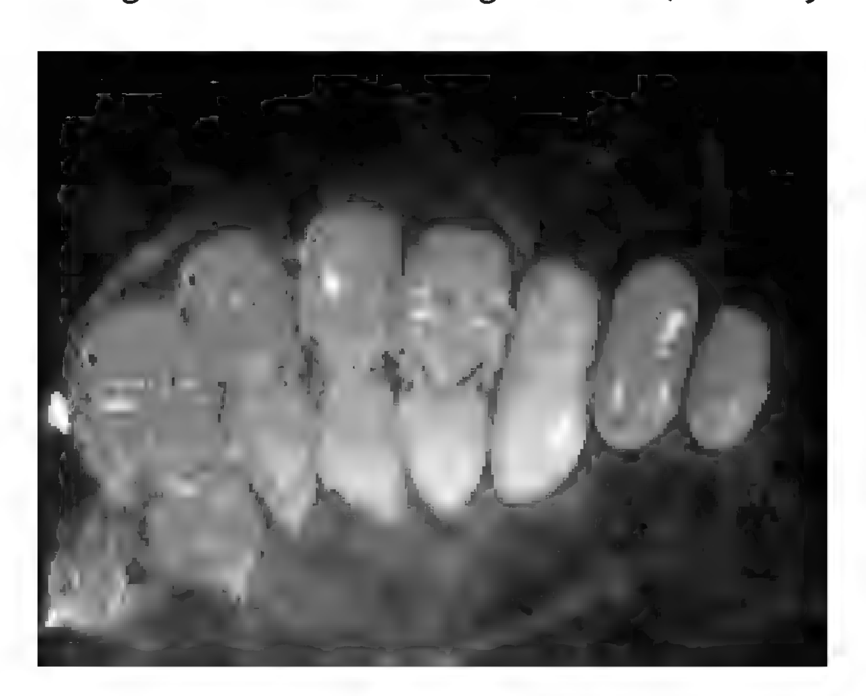


Figura 1. Estadios de desarrollo (de derecha a izquierda: huevo, larvas y pupas) de la hormiga del género Crematogaster, de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Coyoacán. Foto: Gabriela Castaño-Meneses.

Muchas especies son extremadamente sensibles a la fragmentación (Kaspari y Majer 2000), ya sea por la pérdida de hábitat y sitios de anidación o por el aumento en la competencia o la reducción en las poblaciones de sus presas y otros recursos. Asimismo, algunas son consideradas invasoras y en muchos casos su presencia afecta negativamente a las poblaciones de especies locales (Wagner y Van Driesche 2010).

Diversidad

En el mundo, hay registradas 13 954 especies de hormigas incluidas en 22 subfamilias (Agosti y

Castaño-Meneses, G. 201., Hormigas (Formicidae). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.353-356.

Johnson 2005, Rabeling *et al.* 2008), y de acuerdo con estimaciones recientes, se considera que el número total de especies podría sobrepasar las 25 mil (Ward 2010). Para México, el número de especies registradas es de 884 (Alatorre-Bracamontes 2010 y Vásquez-Bolaños 2007, 2010, 2011) pero Rojas (1996) estima que este número podría duplicarse, sobrepasando las mil especies.

La Ciudad de México es de las entidades que más carece de conocimiento en cuanto a la fauna de hormigas (apéndice 41), ocupa el lugar 26 en riqueza de especies de las 32 entidades federativas, con un total de 16 (Rojas 1996, 2001, Castaño-Meneses *et al.* 2008). De acuerdo con los trabajos de Rojas (1996, 2001), hay ocho especies de hormigas, cinco están reconocidas como habitantes del suelo y hay una especie endémica, *Pheidole tragica*, documentada para el Pedregal de San Ángel (Wheeler 1934). Recientemente, en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, se registraron nueve especies asociadas al follaje del palo loco (*Pittocaulon praecox*, antes *Senecio praecox*). Destacan los géneros *Crematogaster*, *Temnothorax*, *Tranopelta* y *Pseudomyrmex*, como nuevos para esta localidad (Castaño-Meneses *et al.* 2008).

Actualmente, México carece de endemismos a nivel de género; no obstante, se sabe que a nivel específico se tienen más de 112 registros de hormigas endémicas, que representan alrededor de 12.67% del total de especies. Considerando los pocos registros que se tienen de hormigas para la Ciudad de México, la proporción de especies endémicas en esta entidad es de alrededor de 12.5%, con respecto al total de especies registradas para la entidad (Rojas 1996).

Distribución

Las hormigas son esencialmente insectos rastreros; no obstante, dada la enorme plasticidad que tienen para colonizar y explotar algunos medios alterados, hay especies consideradas antropofílicas (Prins *et al.* 1990), ya que sus poblaciones se ven favorecidas cuando se encuentran cerca de asentamientos humanos. La mayoría de estas especies se caracterizan porque tienen migraciones frecuentes, con una gran habilidad para mudar sus nidos (Passera 1994). De las especies registradas en la Ciudad de México, *Camponotus atriceps* es una de las más comunes, ya que es frecuente encontrar a las obreras solitarias en busca de alimento. También tienen "nidos satélites" que son aquellos que no están físicamente comunicados con la colonia principal, sino a través de feromonas, y que no requieren mantener la humedad, ya que no contienen los huevos, por lo que es posible encontrar obreras cuidando pupas y larvas sin la presencia de reinas.

En la zona sur de la ciudad (Pedregal de San Ángel y Xochimilco) es en donde se tienen más registros; no obstante, en todo el territorio de la capital se pueden encontrar hormigas, que muchas veces son consideradas como plaga, sin embargo, no se ha realizado ningún estudio sistemático sobre la fauna de esta región.

Conservación

En México, dada la falta de conocimiento sobre la diversidad de hormigas, ninguna especie se encuentra considerada dentro de las listas de riesgo; sin embargo, la pérdida de hábitat es una presión latente en México, y en particular en las zonas urbanas como la Ciudad de México, por lo que las especies que habitan esta área están sometidas a fuertes presiones en sus poblaciones.

La incorporación de las hormigas en las listas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) es el primer paso para que este grupo sea considerado dentro de los planes de conservación. Se toma en cuenta en primera instancia la conservación a nivel internacional, debido al grado de avance que se tiene en el conocimiento del grupo en distintos países, cuya fauna de hormigas está prácticamente reconocida, mientras que en México

aún se tiene un conocimiento incipiente sobre las especies que se tienen en el país. Asimismo, la creación de reservas ecológicas en la entidad es una medida para mantener el hábitat de muchas especies. Actualmente, es necesario realizar estudios sobre la diversidad y distribución de las hormigas en la capital, a fin de determinar planes adecuados de desarrollo y conservación.

Conclusión

Las hormigas son un grupo de insectos con un enorme éxito adaptativo e importancia en diversos ecosistemas. Como se dijo, dada su enorme plasticidad y capacidad de colonizar diversos ambientes, existen muchas especies de hormigas consideradas antropofílicas, por lo que es común encontrarlas en ambientes urbanos, y en la Ciudad de México frecuentemente habitan dentro de las casas, llegando a ocasionar daños en las instalaciones eléctricas de las viviendas. Sin embargo, poco se conoce sobre la diversidad y riqueza de este grupo en la ciudad, y el mayor conocimiento que se tiene está enfocado a las áreas naturales, como la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. En la ciudad se tienen registradas 16 especies, una de ellas endémica; sin embargo, es muy probable que la riqueza sea mucho mayor, por lo que es necesario realizar estudios en este sentido para conocer con mayor detalle la distribución y composición de las comunidades de hormigas en la entidad, a fin de que tal conocimiento permita desarrollar planes adecuados para su manejo.

Agradecimientos

Los registros de hormigas en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel se obtuvieron gracias al proyecto PAPIIT-IN208508, *Papel de los microartrópodos del suelo en el desarrollo de niveles tróficos superiores en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel*, financiado por la Dirección General de Asuntos del Personal Académico de la UNAM. En el trabajo de campo participaron Alicia Callejas Chavero, Daniela Pérez Velázquez, Arturo García Gómez y Leopoldo Cutz Pool.

Referencias

Alonso, L.E. y D. Agosti. 2000. Biodiversity studies, monitoring and ants: an overview. Pp. 1-8. En: *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity.* D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso y T.R. Schultz (eds.). Smithsonian Institution Press, Washington.

Agosti, D. y N.F. Johnson. 2005. Antbase. World Wide Web electronic publication. En: <*http://www.antbase.org.Version (05/2005)*>, última consulta: 7 de diciembre de 2010.

Alatorre-Bracamontes, C.E. y M. Vásquez-Bolaños. 2010. Lista comentada de las hormigas (Hymenoptera: Formicidae) del norte de México. *Dugesiana* 17:9-36.

Castaño-Meneses, G., J.G. Palacios-Vargas, A. Callejas-Chavero, *et al.* 2008. Papel de los microartrópodos del suelo en el desarrollo de niveles tróficos superiores en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, Proyecto PAPIIT IN208508, UNAM. México (inédito).

Folgarait, P.J. 1998. Ant biodiversity and its relationship to ecosystem functioning: a review. *Biodiversity and Conservation* 7:1221-1244.

Hölldobler, B. y E.O. Wilson. 1990. *The Ants.* Belknap Press, Cambridge.

Kaspari, M. y J.D. Majer. 2000. Using ants to monitor environmental changes. Pp. 89-98. En: *Ants: standard methods for measuring and monitoring biodiversity.* D. Agosti, J.D. Majer, L.E. Alonso y T.R. Schultz (eds.). Smithsonian Institution Press, Washington.

Passera, L. 1994. Characteristics of tramp species. Pp. 23-43 En: *Exotic ants. Biology, impact and control of introduced species.* D.F. Williams (ed.). Westview Press, Boulder.

Prins, A.J., H.G. Robertson y A. Prins. 1990. Pest ants in urban and agricultural areas of Southern Africa. Pp. 25-33. En: *Applied Myrmecology: a world perspective*. R.K. Vander Meer, K. Jaffe y A. Cedeno-Leon (eds.). Westview Press, Boulder.

Rabeling, C., J.M. Brown y M. Verhaagh. 2008. Newly discovered sister lineage sheds light on early ant evolution. *Proceedings of the National Academy of Sciences usa* 105:14913-14917.

Rojas, P. 1996. Formicidae. Pp. 483-500. En: *Biodiversidad de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*. J. Llorente, A.N. García-Aldrete y E. González (eds.). unam/conabio, México.

——. 2001. Las hormigas del suelo en México: Diversidad, distribución e importancia (Hymenoptera: Formicidae). *Acta Zoológica Mexicana* (nueva serie) 1:189-238.

Vásquez-Bolaños, M. 2007. Una especie nueva del género *Tetramorium Mayr* (Hymenoptera: Formicidae) de Mascota, Jalisco, México. *Dugesiana* 14:93-97.

——. 2011. Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México. *Dugesiana* 18:95-133.

Wagner, D.L. y R.G. Van Driesche. 2010. Threats pose to rare or endangered insects by invasions of nonnative species. *Annual Review of Entomology* 55:547-568.

Ward, P.S. 2010. Taxonomy, phylogenetics, and evolution. Pp. 3-17. En: *Ant ecology*. L. Lach, C.L. Parr y K.L. Abbott (eds.). Oxford University Press, Oxford.

Wheeler, W.M. 1934. Neotropical ants collected by Dr. Elisabeth Skwarra and others. *Bulletin of the Museum of Comparative Zoology of Harvard College* 77:157-240.

Abejas y avispas (Hymenoptera)

Zenón Cano Santana
Ariana Romero Mata

A Pemito

Descripción

Las abejas y avispas son insectos himenópteros, al igual que las hormigas; sin embargo, difieren en que estas últimas tienen el primer segmento del abdomen en forma de joroba y en que el primer segmento de sus antenas es muy largo (Borror y White 1970). Las abejas y avispas se caracterizan por tener un ovipositor modificado en forma de aguijón y dos pares de alas membranosas plegadas sobre el cuerpo y con poca venación, siendo el par de alas delantero más corto que el par trasero (aunque algunas avispas carecen de alas; Preston-Mafham y Preston-Mafham 2000, McGavin 2002). Estos insectos tienen una metamorfosis completa, pues pasan por las etapas de huevo, larva, pupa y adulto. Las abejas difieren de las avispas en que poseen un cuerpo relativamente ancho y cubierto por pelo (Domínguez-Álvarez 2009; figura 1), en tanto que las avispas tienen un cuerpo delgado y alargado liso o con poco pelo (Morris 1992; figura 2).

Entre las abejas y las avispas se registran especies fitófagas, parasitoides, depredadoras y carroñeras. Las fitófagas son las que se alimentan de plantas, las parasitoides son aquéllas que siendo larvas parasitan a otro insecto (el hospedero) causándole la muerte, las depredadoras son las que cazan a otros animales para alimentarse y las carroñeras son las que se alimentan de cadáveres (Valverde *et al.* 2005). También hay especies de abejas que se alimentan de néctar y polen, por lo cual son importantes agentes polinizadores y, aunque en su mayoría presentan conducta social, algunas especies son solitarias (Arnett 1993, Quicke 2009). El hábito parasitoide, en particular, sólo lo presentan algunas avispas. En este capítulo se revisan las abejas y las avispas de la Ciudad de México.

Diversidad

En el mundo se han registrado aproximadamente 102 350 especies de abejas y avispas, número calculado a partir de restar, de la riqueza de Hymenoptera (115 000 especies) registrado por Chapman (2009), el número de especies de hormigas (12 649) reportado por Agosti y Johnson (2012). En México se reportan aproximadamente 5 430 especies de abejas y avispas, calculado a partir de las 6 313 especies de himenópteros que reporta la CONABIO (2013) menos las 884 especies de hormigas que reporta Vázquez-Bolaños (2011).

En la Ciudad de México se han registrado 269 especies y subespecies de abejas y avispas (123 de abejas y 146 de avispas; apéndice 42), que son 5.0% de las que se registran en el país. Las familias que contienen el mayor número de especies y subespecies de abejas son Apidae, Andrenidae y Halictidae, con 54, 25 y 23 especies, respectivamente; en tanto que las familias

Cano-Santana, Z. y A. Romero-Mata. 2016. Abejas y avispas (Hymenoptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.357-362.



Figura 1. Aspecto de una abeja. La abeja melífera (*Apis mellifera*) tiene gran importancia por su producción de miel y su uso en la medicina tradicional. Dado su origen exótico sus actividades pueden tener efecto negativo sobre los insectos polinizadores nativos. Foto: Bill Claff.



Figura 2. Aspecto de una avispa no identificada de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria. Foto: Ernesto Navarrete.

más importantes de avispas son Ichneumonidae, Vespidae y Aphelinidae, con 58, 20 y 14 especies, respectivamente (cuadro 1). Algunas especies de abejas y avispas se han registrado exclusivamente en la Ciudad de México, como es el caso de las abejas *Protandrena elongatus*, *Centris festiva* y *Epeolus crucis* (Ayala *et al*. 1996), así como las avispas *Gastrodynerus tacubayae* y *Smeringodynerus morelios* (Rodríguez 1996). Ninguna especie de abejas o avispas aparece registrada en la NOM 059 (SEMARNAT 2010) ni en la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2011).

Distribución

Las abejas y las avispas se distribuyen por toda la entidad, incluyendo la región de Parques y Jardines Urbanos (PYJU). Leyte (2000) y López-Rosas (2009) las registran en Xochimilco y Tulyehualco, localidades pertenecientes a la región Serranías de Xochimilco y Milpa Alta (SXYMA). Rueda-Salazar y Cano-Santana (2009) registran 70 especies de abejas y avispas en la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria (REPSA), localizada en la región de PYJU. Por otro lado, SAGARPA-DF (2012) registra actividades de apicultura con la abeja melífera (*Apis mellifera*; figura 1), sobre todo en las delegaciones Álvaro Obregón, Cuajimalpa, Milpa Alta, Tláhuac, Tlalpan y Xochimilco, en localidades ubicadas en las regiones Bosques y Cañadas, así como en la de SXYMA. Estudios sobre la distribución detallada de las abejas y avispas en la entidad siguen siendo necesarios.

Importancia

Los himenópteros son los insectos más benéficos por su papel en el control de plagas y en la polinización de las plantas (Borror *et al*. 1992, McGavin 2002). Muchas de sus especies son parasitoides o depredadores que ejercen un fuerte control de las poblaciones de insectos. En la Ciudad de México las avispas parasitoides viven en los cultivos de acelga, alfalfa, calabaza y chilacayote (Leyte 2000). En los cultivos de hierbabuena, por ejemplo, se ha registrado actividad de las avispas parasitoides de las especies *Euplectrus platyhypenae*, *Aphidius smithi* y *Copidosoma truncatellum* (López-Rosas 2009). En la enti-

Cuadro 1. Número de especies y subespecies por familia de abejas y avispas (Hymenoptera).

Familia	Número de especies y subespecies
Abejas	
Andrenidae	25
Apidae	54
Colletidae	5
Halictidae	23
Megachilidae	16
Subtotal	123
Avispas	
Aphelinidae	14
Braconidae	10
Chalcididae	1
Crabronidae	12
Cynipidae	2
Encyrtidae	9
Eulophidae	3
Eupelmidae	1
Ichneumonidae	58
Mymaridae	1
Pompilidae	5
Platygastridae	1
Proctotrupidae	2
Pteromalidae	3
Scoliidae	1
Sphecidae	2
Trichogrammatidae	1
Vespidae	20
Subtotal	146
Total	269

Fuente: elaboración propia.

dad se ha utilizado a la avispa *Psyllaephagus bliteus* como controlador biológico de la plaga conocida como conchuela del eucalipto, el hemíptero *Glycaspis brimblecombei*, con la finalidad de evitar la muerte masiva y la caída de árboles de eucalipto (*Eucalyptus* spp.; SMA-DF 2004, Cantoral-Herrera, 2015). Además, se están realizando ensayos para determinar si la avispa *Ooencyrtus kuvanae* puede utilizarse como control biológico de la plaga del gusano de bolsa (*Malacosoma incurvum*), el que afecta a los ahuejotes (*Salix bonplandiana*) en la zona chinampera de Xochimilco (Jiménez 2008).

Las abejas, por su parte son el grupo más importante de polinizadores de sistemas naturales, agrícolas y frutícolas, aunque las avispas también cumplen esta función (Borror *et al.* 1992, McGavin 2002). Se calcula que 64% de los cultivos que aportan alimentos al hombre en el mundo requieren de las abejas para llevar a cabo la polinización (Roubik 1995).

Las abejas tienen un gran potencial para ser consideradas como indicadoras de la biodiversidad y de los niveles de fragmentación de los hábitats por las siguientes razones: 1) su taxonomía y biología son bien conocidas; 2) son importantes en la estructura y funcionamiento de los ecosistemas; 3) son fácilmente capturables; 4) su distribución geográfica es amplia, por lo que ocupan distintos hábitats terrestres; y 5) sus especies tienden a especializarse en un hábitat particular, de modo que son sensibles a la degradación y a la regeneración (Reyes-Novelo *et al.* 2009).

Las abejas también tienen importancia económica y alimentaria debido a que ofrecen importantes productos, como miel, jalea real, polen, cera y propóleo (SAGARPA-DF 2012). En la entidad se registran 170 apicultores que manejan 217 apiarios con 4 663 colmenas, las cuales producen 163 toneladas de miel al año (SAGARPA-DF 2012). En la Ciudad de México los géneros *Bombus* y *Apis* son utilizados como alimento debido a su alto contenido proteico y bajo costo de cuidado y producción; asimismo, los panales de las avispas de la especie *Polybia occidentalis nigratella* son consumidos asándolos previamente (Ramos-Elorduy y Pino 1989, Ramos-Elorduy 2004).

Por otro lado, las abejas *Apis mellifera* tienen importancia en la medicina tradicional de la entidad, pues su veneno es utilizado para tratar el reumatismo, en tanto que su miel es utilizada como cicatrizante y para tratar fracturas y torceduras (De María y Campos 1979).

Las abejas también tienen importancia cultural, pues en el México prehispánico se les relacionó con el dios de la lluvia, las flores y la alegría; los aztecas denominaron a las abejas del género *Trigona* como *pipiolin* y a los abejorros del género *Bombus* como *xicotli* ("jicotes"; Aguilera 1985). Dentro de la cultura musical, se destaca la melodía infantil "Jicote aguamielero", compuesta por Francisco Gabilondo Soler "Cri-Crí" (Castellanos-Vargas 2011).

Amenazas

Las abejas y avispas silvestres de la ciudad están amenazadas sobre todo por la reducción del área de distribución de la flora nativa y por la presencia de *Apis mellifera*, una especie exótica utilizada en las actividades económicas de la entidad, aunque la contaminación y el cambio climático global son otras importantes amenazas.

Como se ha visto en los casos de los demás invertebrados, la disminución del área destinada a albergar vegetación reduce la disponibilidad de alimento para las abejas y avispas, ya sean las flores o los animales que les sirven de presa o de hospedero. Las áreas verdes del área metropolitana de la entidad se han reducido de 42.4 a sólo 9.6% entre 1950 y 2005 (Ezcurra *et al*. 2006). En particular, se ha sugerido que las abejas de los géneros *Trigona* y *Scaptotrigona* se encuentran amenazadas por la destrucción de la vegetación original, por la expansión de cultivos y la extensión de los asentamientos humanos, debido a que disminuyen sus fuentes de alimentación (Ramos-Elorduy *et al*. 2006).

Se sabe que, la introducción de especies exóticas provoca una competencia con las especies nativas, lo cual puede llevar a estas últimas a la extinción (véase Naranjo-García y Fahy 2010). Domínguez-Álvarez (2009) reporta que *A. mellifera* registra el 34% de las visitas a las flores de las plantas de la REPSA, muy por encima de la tasa de visitas que hace cualquiera de las 69 especies restantes en la localidad. Se sugiere que las colonias silvestres y manejadas de *A. mellifera* pueden extraer grandes cantidades de polen y néctar, lo cual representa una fuerte competencia considerando que comparte recursos florales con las especies nativas, tanto de abejas como de otros animales polinizadores (Domínguez-Álvarez 2009).

La contaminación reduce el número de colonias de abejas y afecta la efectividad que tienen como polinizadores, debido a que provoca una reducción en su actividad de vuelo y de colecta de polen; además en las avispas ocasiona una disminución en la fecundidad, lo que provoca que sus poblaciones disminuyan (Petters y Mettus 1982, Maini *et al*. 2010). El cambio climático, por su parte, afecta a las abejas porque modifica la época de floración y el ciclo de vida de estos insectos, en tanto que afecta a las avispas reduciendo sus tamaños poblacionales (Le Conte y Navajas 2008, Dejean *et al*. 2011).

Conservación y recomendaciones

Una estrategia adecuada para la protección de las abejas y avispas silvestres es la instauración de áreas naturales protegidas y de conservación ecológica en 10 de las 16 delegaciones de la Ciudad de México, entre las que destacan por el número de áreas que albergan: Tlalpan (nueve), Iztapalapa (cuatro) y Álvaro Obregón, Magdalena Contreras y Gustavo A. Madero, (tres cada una; SMA 2013). De esta manera se favorece la protección de las especies de abejas y avispas que aún no han sido colectadas y registradas para la entidad.

Otras acciones adecuadas son la aplicación de instrumentos de protección de áreas verdes urbanas y rurales, y de programas de restauración ecológica que permitan la reforestación con plantas nativas de la entidad (Sheinbaum 2008).

Es muy importante reglamentar las actividades de apicultura, de modo que estén limitadas a ciertas zonas de la entidad, dado el efecto negativo que tienen las abejas melífe-

ras sobre los insectos polinizadores nativos (véase Domínguez-Álvarez 2009). Una posibilidad es mantener alejados los apiarios al menos 7.5 km de los límites de las áreas naturales protegidas y de conservación ecológica, incluyendo a la REPSA, pues se ha observado que 75% de las abejas busca flores en ese radio de distancia (Beekman y Ratnieks 2000).

Por último, dadas las cualidades que tienen las abejas para ser utilizadas como indicador de deterioro ambiental (Reyes-Novelo *et al.* 2009), sería deseable establecer programas de monitoreo que registren la presencia y abundancia de las especies más sensibles al ambiente.

Agradecimientos

Agradecemos a Daniel Torres su apoyo en el trabajo de investigación bibliográfica; a Iván Castellanos-Vargas y Paulina Corona su apoyo técnico y la revisión al manuscrito y al personal bibliotecario de la UAM Iztapalapa, por las facilidades recibidas para consultar sus materiales. Gracias a Ernesto Navarrete, Marcela-Pérez-Escobedo y Bill Claff, quienes nos ayudaron con el material fotográfico. Este trabajo está dedicado a Emma Cano Santana, por haber enriquecido la vida del primer autor.

Referencias

Agosti, D. y N.F. Johnson (eds.). 2012. Antbase, World Wide Web electronic publication (2005). En: <*antbase.org*>, última consulta: 22 de julio de 2012.

Aguilera, C. 1985. *Flora y fauna mexicana*. Everest Mexicana, México.

Arnett, R. 1993. *American insects. A handbook of the insects of America North of Mexico*. Sandhill Crane, Gainesville, Florida.

Ayala, R., T.L. Griswold y D. Yanega. 1996. Apoidea (Hymenoptera). Pp. 423-464. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. I. J. Llorente, A.N. García y E. González (eds.). CONABIO /UNAM, México.

Beekman, M. y F.L.W. Ratnieks. 2000. Long-range foraging by the honey-bee, *Apis mellifera L. Functional Ecology* 14:490-496.

Borror, D.J. y R.E. White. 1970. *A field guide to the insects of America North of Mexico*. Houghton Mifflin, Boston.

Borror, D.J., C.A. Triplehorn y N.F. Johnson. 1992. *An introduction to study of insects*. Saunders College, Fort Worth.

Cantoral-Herrera, T. 2015. *Control biológico de* Glycaspis brimblecombei *en las áreas verdes del Distrito Federal*. Tesis de Maestría. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Castellanos-Vargas, I. 2011. Los insectos en las canciones de un grillito. *Revista Cuadrivio* 4. En: <*http://cuadrivio.net/2011/12/11/los-insectos-en-las-canciones-de-un-grillito*>, última consulta, 6 de abril de 2016.

Chapman, A.D. 2009. *Numbers of living species in Australia and the world*. Department of the Environment, Water, Heritage and the Arts, Gobierno de Australia, Canberra.

CITES. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres. 2011. Apéndices I, II y III. En: <*http://www.cites.org/esp/app/appendices.php*>, última consulta: 28 de marzo de 2012.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2013. Abejas, avispas y hormigas (Orden Hymenoptera). En: <*http://www.biodiversidad.gob.mx/especies/gran_familia/animales/insectos/abejas/abejas.html*>, última consulta: 1 de octubre de 2013

De María y Campos, T. 1979. Los animales en la medicina tradicional mesoamericana. *Anales de Antropología* 16:183-223.

Dejean, A., R. Céréghino, J.M. Carpenter, *et al.* 2011. Climatic change impact on Neotropical social wasps. *PLoS ONE* 6(11).

Domínguez-Álvarez, L.A. 2009. *Fenología de las abejas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel y su relación con la fenología floral*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias. UNAM, México.

Ezcurra, E., M. Mazari, I. Pisanty y A.G. Aguilar. 2006. *La cuenca de México*. FCE, México.

Jiménez, E. 2008. *Distribución, abundancia y parasitismo de* Ooencyrtus kuvanae *(Howard) (Hymenoptera: Encyrtidae) parasitoide de los huevos de* Malacosoma incurvum *Hy. Edwards (Lepidoptera: Lasiocampidae) en Xochimilco, D.F.* Tesis de Maestría. Colegio de Postgraduados, Montecillo, Estado de México.

Le Conte, Y. y M. Navajas. 2008. Climatic change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique del´Office International des Epizooties* 24:499-510.

Leyte, A. 2000. Insectos plaga en cultivos hortícolas de San Pedro Tláhuac. Informe de servicio social de Licenciatura. UAM-Xochimilco, México.

López-Rosas, F.J. 2009. *Artrópodos asociados al cultivo de hierbabuena* (Mentha spicata L. var. tashkent) *en el predio Las Ánimas, Tulyehualco, D.F.* Informe de servicio social de Licenciatura. UAM-Xochimilco, México.

Maini, S., P. Medrzycki y C. Porrini. 2010. The puzzle of honey bee losses: a brief review. *Bulletin of Insectology* 63:153-160.

McGavin, G.C. 2002. *Entomología esencial*. Ariel, Barcelona.

Morris, C. 1992. *Academic Press dictionary of science and technology*. Academic Press, Hartcourt.

Naranjo-García, E. y N.E. Fahy. 2010. The lesser families of Mexican terrestrial molluscs. *American Malacological Bulletin* 28:59-80.

Petters, R.M. y R.V. Mettus. 1982. Reproductive performance of *Brancon hebetor* females following acute exposure to sulphure dioxide on air. *Environmental Pollution* (Series A) 27:155-163.

Preston-Mafham, K. y R. Preston-Mafham. 2000. *The natural world of bugs and insects*. PRC Publisher, Londres.

Quicke, D. 2009. Hymenoptera. Pp. 473-484. En: *Encyclopedia of insects*. H.V. Resh y R.T. Cardé (eds.). Academic Press, Amsterdam.

Ramos-Elorduy, J. 2004. La etnoentomología en la alimentación, la medicina y el reciclaje. Pp. 329-416. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México: hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. IV. J. Llorente, J.J. Morrone, O. Yañez e I. Vargas (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Ramos-Elorduy, J. y J.M. Pino. 1989. *Los insectos comestibles en el México antiguo: estudio etnoentomológico*. AGT, México.

Ramos-Elorduy, J., J. M. Pino y M. Conconi. 2006. Ausencia de una reglamentación y normalización de la explotación y comercialización de insectos comestibles en México. *Folia Entomológica Mexicana* 45:291-318.

Reyes-Novelo, E., V. Meléndez-Ramírez, H. Delfín-González y R. Ayala. 2009. Wild bees (Hymenoptera: Apoidea) as bioindicators in the neotropics. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 10:1-13.

Rodríguez, A. 1996. Vespidae (Hymenoptera). Pp. 465-492. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México. Hacia una síntesis de su conocimiento*, vol. I. J. Llorente, A.N. García y E. González (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Roubik, D.W. 1995. *Pollination of cultivated plants in the tropics*. FAO Agricultural Services Bulletin 118. Food and Agriculture Organization of United Nations, Roma.

Rueda-Salazar, A.M. y Z. Cano-Santana. 2009. Artropodofauna. Pp. 171-211. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

SAGARPA-DF. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación, Delegación en el Distrito Federal. 2012. Inaugura SAGARPA semana de promoción y degustación de la miel en Iztapalapa. *Boletín 13*. En: <*http://www.sagarpa.gob.mx/Delegaciones/distritofederal/boletines/Paginas/B0132012.aspx*>, última consulta, 6 de abril de 2016.

SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sheinbaum, C. 2008. *Problemática ambiental de la Ciudad de México*. Diagnóstico y experiencias de gestión 2001-2006. Limusa, México.

SMA. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2004. Informe de avances del programa de sustitución de eucaliptos en condición de alto riesgo. En: <*http://centro.paot.org.mx/documentos/sma/restauracion_areas_verdes_df_eucalipto.pdf*>, última consulta: 19 de febrero de 2015.

——. Secretaría del Medio Ambiente del Distrito Federal. 2013. Portal. En: <*http://www.sedema.df.gob.mx/*>, última consulta: 27 de septiembre de 2013.

Valverde, T., Z. Cano-Santana, J. Meave y J. Carabias. 2005. *Ecología y medio ambiente*. Pearson y Prentice Hall, México.

Vázquez-Bolaños, M. 2011. Lista de especies de hormigas (Hymenoptera: Formicidae) para México. *Dugesiana* 18:95-133.

Moscas y mosquitos (Diptera)

Omar Ávalos Hernández
Vicente Hernández Ortiz
Marysol Trujano Ortega

Descripción

Las moscas y mosquitos (orden Diptera) son insectos que se caracterizan por tener el primer par de alas bien desarrollado, mientras que las del segundo par, denominadas balancines, se encuentran muy reducidas y en forma de palanca, lo que les permite mantener el equilibrio durante el vuelo. Los comúnmente llamados mosquitos, zancudos (familia Culicidae) y jejenes (familia Simuliidae), entre otros, presentan antenas largas y multisegmentadas. Las moscas con antenas cortas (generalmente con tres segmentos) pertenecen a dos subórdenes (Grimaldi y Engel 2005): Brachycera, que incluye a los tábanos (familia Tabanidae) y a las "verdaderas" moscas de la fruta (familia Tephritidae; figura 1), y el suborden Cyclorrhapha, que incluye a las moscas comunes (familia Muscidae) y a las moscas "panteoneras" (familias Calliphoridae y Sarcophagidae). Cabe aclarar que algunas especies conocidas comúnmente como mosquitos se incluyen dentro de estos subórdenes, por lo que los mosquitos no forman un grupo separado de las moscas sino que también pertenecen al orden Diptera.

Los dípteros desarrollaron una alta diversidad de hábitos alimentarios: son hematófagos (se alimentan de sangre), fitófagos (minadores y formadores de agallas), endoparásitos o ectoparásitos de vertebrados, depredadores de otros insectos y parasitoides. También se alimentan de polen y néctar, de materia orgánica en descomposición, como cadáveres, excremento de animales o de madera. Presentan metamorfosis completa y durante su ciclo de vida atraviesan por los estados de huevo, larva, pupa y adulto (Grimaldi y Engel 2005).

Dependiendo de los hábitos alimenticios, depositan sus huevos en diferentes sustratos: sobre vertebrados, dentro de frutos o troncos, sobre otros insectos, en el suelo o en cuerpos de agua. En general, las larvas de los mosquitos se desarrollan en cuerpos de agua y pueden ser filtradoras o depredadoras. Las larvas generalmente son vermiformes (con forma de gusano), atraviesan por cuatro o cinco estadios de desarrollo antes de pupar y, finalmente, emerge el adulto con alas bien desarrolladas (Grimaldi y Engel 2005).

Los dípteros presentan interacciones importantes con el ser humano ya que algunas especies se consideran perjudiciales para la salud. Los mosquitos de las familias Culicidae (*Anopheles*, *Culex*) y Simuliidae (*Simulium*) son hematófagos y algunas transmiten dengue. Actualmente, en la Ciudad de México no hay transmisoras de tal enfermedad y se estudia la posibilidad de que el calentamiento global propicie la modificación

Ávalos-Hernández, O., V. Hernández-Ortiz y M. Trujano-Ortega. 2016. Moscas y mosquitos (Diptera). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.363-369.

de sus intervalos de distribución, alcanzando potencialmente la ciudad (Monroy, com. pers.). Algunas moscas de la familia Calliphoridae (*e.g. Lucilia silvarum*) pueden atacar al ganado, al depositar sus huevos en las heridas de los animales, y las larvas, cuando emergen, se alimentan del tejido, provocando infección por bacterias y, en casos no tratados, la muerte del animal. En el ámbito agrícola, las larvas de *Rhagoletis pomonella* (Tephritidae; figura 1) se alimentan de los frutos del tejocote.

Las moscas y mosquitos proporcionan una amplia gama de servicios ecológicos que permiten mantener el funcionamiento de los ecosistemas. Las especies depredadoras y parásitas regulan las poblaciones de insectos fitófagos potencialmente dañinos de cultivos (figuras 2, 3 y 4); por su parte, las moscas granívoras regulan las poblaciones de malezas alimentándose de sus semillas. Las familias Calliphoridae, Sarcophagidae y Stratiomyidae son importantes ya que intervienen en la degradación de desechos orgánicos.

Diversidad

A nivel mundial, los dípteros ocupan el cuarto grupo de insectos más diverso ya que actualmente comprenden 153 mil especies descritas (Chapman 2009). La información sobre los dípteros de la Ciudad de México es escasa debido a que una buena parte de su territorio está ocupado por zonas urbanas. Hasta antes de esta contribución, en la ciudad sólo existía información de 10 familias de moscas (Ibáñez-Bernal y Coscarón 1996, Ibáñez-Bernal *et al.* 1996*a*, *b*, Papavero 1996, Andersen *et al.* 2000, Fitzgerald 2000, Ibáñez-Bernal 2000, Ibáñez-Bernal y Coscarón 2000, Contreras-Ramos y Gelhaus 2002, Ibáñez-Bernal *et al.* 2004). Actualmente para la entidad, la diversidad asciende a 36 familias de dípteros documentadas en varias fuentes, muchas de ellas con datos escasos (apéndice 43). Esto permite suponer que existen numerosas especies que no han sido registradas por falta de estudios puntuales.

Se presenta una lista de especies de la entidad basada en la revisión de la literatura disponible (apéndice 43), así como en la documentación de registros y ejemplares existentes en la Colección Nacional de Insectos del Instituto de Biología (CNIN), en la UNAM y la Colección de Insectos del INECOL, A.C. (IEXA) en Xalapa, Veracruz.

En el presente estudio registramos un total de 350 especies de dípteros. Las familias más importantes en cuanto a su riqueza son Syrphidae (64), Tachinidae (60), Tephritidae (34), Bombyliidae (26), Limoniidae (21), Simuliidae (20), Asilidae (14) y Sarcophagidae (13), que en su conjunto son aproximadamente 75% de las especies registradas para la entidad. De ellas, al menos 23 especies (6.5%) son endémicas de México y siete lo son para la ciudad o el Valle de México y sus alrededores: *Culicoides albomacula*, *Culicoides bakeri*, *Culicoides dampfi*, *Eutreta mexicana*, *Gymnocarena carinata*, *Tephritis wulpi* y *Hemipenthes blanchardiana* (figura 2); mientras que otras siete constituyen el primer registro para la entidad.

Distribución

En el mundo la mayor diversidad se encuentra en zonas tropicales, a excepción de algunas familias como Bombyliidae, que son más diversas en zonas áridas y semiáridas (Evenhuis y Greathead 1999). Existe escasa información acerca de la distribución de los dípteros en México. En lo particular, existen algunos estudios faunísticos sobre dípteros de la Ciudad de México tales como la familia Syrphidae de la Reserva del Pedregal de San Ángel (Butze y Samperio 1979), así como los mosquitos de la cuenca de México (Ripstein 1935). La mayoría de los otros registros corresponden a recolectas aisladas o revisiones taxonómicas que no permiten conocer la



Figura 1. *Rhagoletis pomonella* (Tephritidae). Coyoacán (IEXA). Especie de mosca de la fruta cuyas larvas se alimentan del tejocote. Foto: Vicente Hernández-Ortiz.

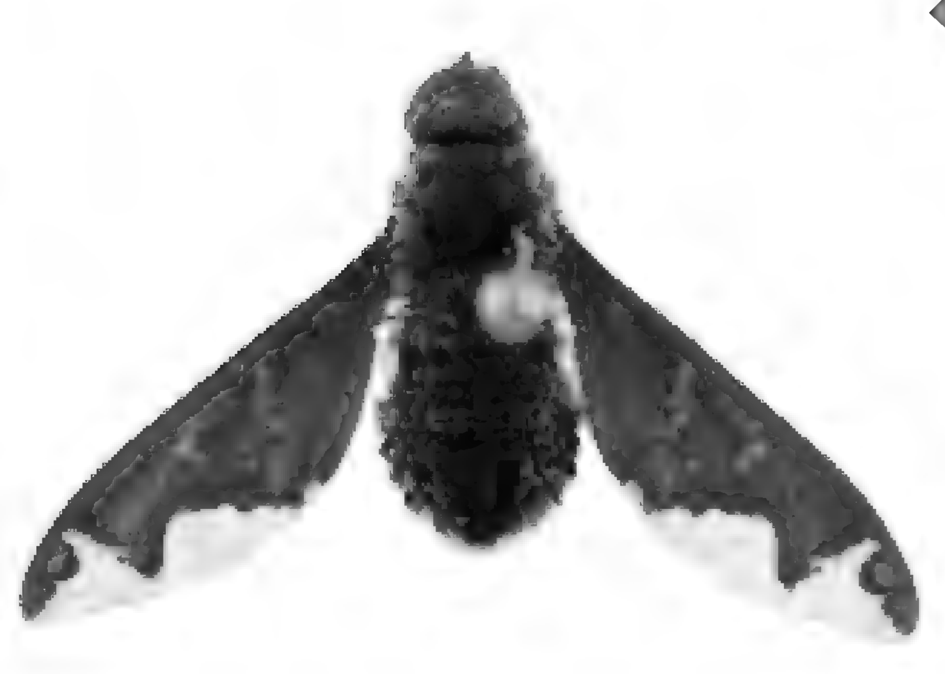


Figura 2. *Hemipenthes blanchardiana* (Bombyliidae). Los Dinamos, Magdalena Contreras (MZFC-UNAM). Mosca parasitoide endémica del valle de México. Foto: Omar Ávalos-Hernández.



Figura 3. *Machinus* sp. (Asilidae). Los Dinamos, Magdalena Contreras (MZFC-UNAM). Especie depredadora. Foto: Omar Ávalos-Hernández.



Figura 4. Mosca parasita de larvas de polilla (*Halisidota caryae*), familia Tachinidae, colectada en el Pedregal San Ángel (MZFC-UNAM). Foto: Omar Ávalos-Hernández.

distribución completa de todas las especies en la entidad. La mayoría de las especies polinizadoras, depredadoras, fitófagas y saprófagas se encuentran en zonas deshabitadas o con escasa influencia humana, en donde aún existen hábitats propicios para su desarrollo como pueden ser la presencia de bosques naturales o inducidos, vegetación herbácea, además de la presencia de cuerpos de agua. Estos hábitats se encuentran principalmente en el Pedregal de San Ángel, el Ajusco y zonas aledañas, los Dinamos y el Desierto de los Leones, además de amplias zonas de Humedales de Xochimilco y Tláhuac.

En la capital se encuentran familias de moscas como Calliphoridae y Sacophagidae, que están asociadas a actividades humanas como la ganadería, ya que se alimentan de desechos de origen animal y algunas especies son parásitos de vertebrados.

De acuerdo con los datos obtenidos de la literatura y las colecciones revisadas, para las seis regiones en que se divide la entidad en este estudio, la mayor diversidad está presente en los Parques y Jardines Urbanos (que incluye al Pedregal de San Ángel) con 128 especies; seguida por las Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, con 74 especies, y,

finalmente, los Bosques y Cañadas, en los que se registran 14 especies (figura 5). El mapa sólo se elaboró con los ejemplares que contaban con localidad de recolecta específica.

Conservación

Con excepción de algunas especies llamativas y más visibles, los insectos en general no están considerados en categorías de protección, a pesar de que constituyen el grupo más diverso del mundo. Esto es principalmente por la falta de información acerca de su biología, de inventarios faunísticos y de su distribución. En el caso de las moscas, en México sólo existe una especie considerada en peligro de extinción (*Brennania belkini*, Tabanidae; SEMARNAT 2010).

La principal amenaza para este grupo es la pérdida de hábitat, ya que el deterioro de la cobertura vegetal y la reducción de la diversidad de plantas y otros insectos ejercen un efecto en cascada en la reducción de diversidad biológica. La reducción de la diversidad provoca a su vez la proliferación de plagas en la vegetación urbana, así como en las tierras que aún se dedican a la agricultura. La cuenca de México contiene especies endémicas de gran importancia biológica, por lo cual es necesario realizar estudios más detallados sobre este orden. Esto permitiría conocer con mayor precisión las zonas donde se distribuyen las especies de importancia para el humano y podría aportar datos confiables de diversidad útiles para la delimitación de áreas de conservación, así como su participación en los diversos procesos ecológicos.

Conclusión

El Diptera es uno de los órdenes de insectos más diverso del mundo. Éste comprende no solamente las especies de zancudos y la mosca doméstica, las cuales tienen interacción directa con el ser humano, sino que también agrupa muchas otras especies con hábitos y funciones muy diversas. Estas especies participan en procesos ecológicos fundamentales, como la degradación de materia orgánica, la polinización y la regulación de otras poblaciones de insectos, lo cual permite mantener el equilibrio de los ecosistemas.

Las especies con importancia médica son de particular interés para la Ciudad de México por ser un centro urbano tan grande. El efecto del cambio climático en la distribución de especies transmisoras de enfermedades, que implica la posibilidad que estas lleguen a la ciudad, es un tema a considerar. Es necesario realizar monitoreos de estas especies para prevenir efectos negativos en la salud de la población.

Aun cuando la información reunida en este estudio es preliminar y fragmentada debido a que existen zonas por estudiar, la lista que se presenta es la primera que compila las especies de Diptera registradas hasta el momento para capital. La importancia biológica del grupo sostiene la recomendación de estudios posteriores al respecto.

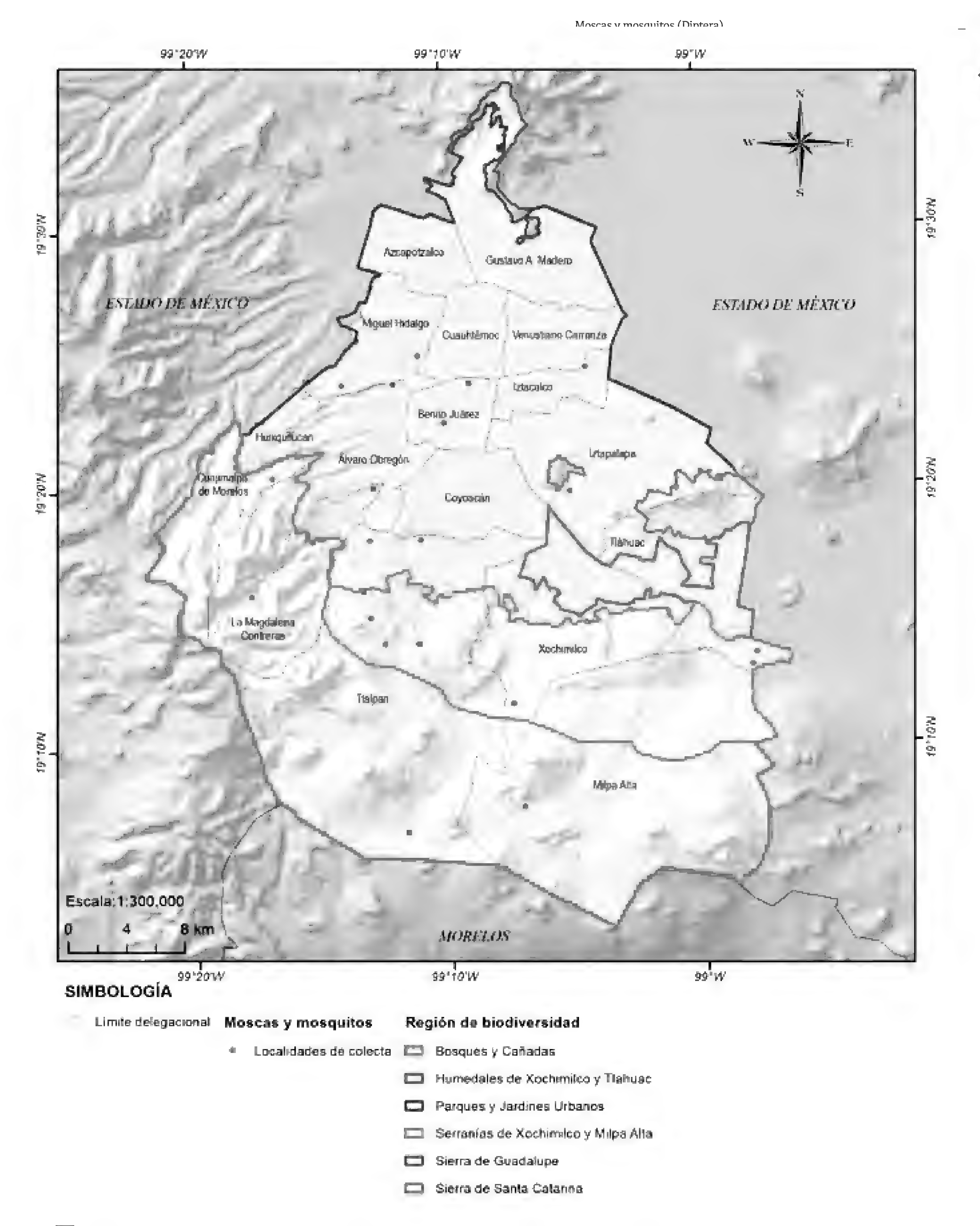


Figura 5. Puntos de recolecta de moscas en la Ciudad de México. La región Parques y Jardines Urbanos presenta mayor diversidad (128 especies). Fuente: elaborado propia.

Referencias

Adler, P.H. y R.W. Crosskey. 2010. World blackflies (Diptera: Simuliidae): a comprehensive revision of the taxonomic and geographical inventory. En <*http://www.clemson.edu/cafls/biomia/pdfs/blackflyinventory.pdf*>, última consulta: 5 de abril de 2016.

Andersen, T., A. Contreras-Ramos y M. Spies. 2000. Chironomidae (Diptera). Pp. 581-591. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*, Volumen II. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero (eds.). UNAM, México.

Bisby, F.A., Y.R. Roskov, T.M. Orrell, *et al.* 2010. *Species 2000 y* ITIS *Catalogue of Life: 2010 Annual Checklist.* En: <*http://www.catalogueoflife.org/annual-checklist/2010*>, última consulta: diciembre 2010.

Butze, J.R. y G.R. Samperio. 1979. Sírfidos del Pedregal de San Ángel México D.F. *Anales del Instituto de Biología Serie Zoología* 50:537-552.

Cárdenas-Martínez, M. y A. Orozco-Bonilla. 2006. Diversidad y distribución geográfica del género *Anopheles* en el sur de México. *Biodiversitas* 67:12-15.

Carvalho, C.J.B., M.S. Couri, A.C. Pont, *et al.* 2005. A Catalogue of the Muscidae (Diptera) of the Neotropical Region. *Zootaxa* 860:1-282.

Chapman, A.D. 2009. Numbers of Living Species in Australia and the World, 2ª edición. Report for the Department of the Environment and Heritage Canberra, Australia.

Contreras-Ramos, A. y J.K. Gelhaus. 2002. Tipulidae. Pp. 583-595. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*, Volumen III. J. Llorente-Bousquets y J.J. Morrone (eds.). UNAM, México.

Cooper, B.E. y J.E. O'Hara. 1996. Diptera types in the Canadian National Collection of Insects, Part 4 Tachinidae. Research Branch Agriculture and Agri-Food Canada.

Evenhuis, N.L. y D.J. Greathead. 1999. World catalog of bee flies (Diptera: Bombyliidae). Backhuys Publishers, Leiden.

Evenhuis, N.L., T. Pape, A.C. Pont y F.C. Thompson. 2008. Biosystematic Database of World Diptera, Version 10.5. En: <*http://www.diptera.org*>, última consulta: diciembre 2010.

Fitzgerald, S.J. 2000. Bibionidae (Diptera). Pp. 627-634. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*, Volumen II. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero (eds.). UNAM, México.

Gagné, R.J. 2010. Update for a catalog of the Cecidomyiidae (Diptera) of the world. Systematic Entomology Laboratory, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture.

Grimaldi, D. y M.S. Engel. 2005. *Evolution of the insects*. Cambridge University Press, Nueva York.

Ibáñez-Bernal, S. 2000. Psychodidae (Diptera). Pp. 607-626. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*, Volumen II. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero (eds.). UNAM, México.

Ibáñez-Bernal, S. y S. Coscarón. 1996. Simuliidae (Diptera). Pp. 579-589. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*, Volumen I. J. Llorente-Bousquets, A.N. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). UNAM, México.

——. 2000. Tabanidae (Diptera). Pp. 593-606. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*, Volumen II. J. Llorente-Bousquets, E. González-Soriano y N. Papavero (eds.). UNAM, México.

Ibáñez-Bernal, S., D. Strickman y C. Martínez-Campos. 1996a. Culicidae (Diptera). Pp. 591-602. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*, Volumen I. J. Llorente-Bousquets, A.N. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). UNAM, México.

Ibáñez-Bernal, S., W.W. Wirth y H. Huerta-Jiménez. 1996b. Ceratopogonidae (Diptera). Pp. 567-577. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*, Volumen I. J. Llorente-Bousquets, A.N. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). UNAM, México.

Ibáñez-Bernal, S., V. Hernández-Ortiz y L. Miranda-Martín del Campo. 2004. Dolichopodidae (Diptera). Pp. 759-765. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*, Volumen I. J. Llorente-Bousquets, A.N. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). UNAM, México.

James, M.T. 1970. Family Calliphoridae. Pp. 1-28. En: A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States, 102. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología, Secretaria da Agricultura Sao Paulo, Brasil.

——. 1973. Family Stratiomyidae. Pp. 1-95. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*, 26. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología, Secretaria da Agricultura Sao Paulo, Brasil.

Lopes Guimarães, H.J. 2004. Redescrição dos machos de dez espécies neotropicais de Ravinia Robineau-Desvoidy, 1863 (Diptera, Sarcophagidae). *Arquivos do Museu Nacional Rio de Janeiro* 62:45-66.

Lopes, H.S. 1969. Family Sarcophagidae. Pp. 1-88. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*, 103. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoologia, Secretaria da Agricultura Sao Paulo, Brasil.

Martin, C.H. y N. Papavero.1970. Family Asilidae. Pp. 1-139. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States, 35b*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología, Secretaria da Agricultura Sao Paulo, Brasil.

Martínez-Palacios, A. 1952. Notas sobre la distribución de los mosquitos *Culex* en México (Diptera: Culicidae). *Revista de la Sociedad Mexicana de Historia Natural* 13:75-87.

Munari, L. y W.N. Mathis. 2010. World Catalog of the Family Canacidae (including Tethinidae) (Diptera), with keys to the supraspecific taxa. *Zootaxa* 2471:1-84.

Oliveira, D.A. 1984. Family Scatophagidae. Pp. 1-4. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States, 96b*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología, Secretaria da Agricultura Sao Paulo, Brasil.

Papavero, N. 1968. Family Nemestrinidae. Pp. 1-12. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States 36*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología, Secretaria da Agricultura Sao Paulo, Brasil.

——. 1996. Mydidae (Diptera). Pp. 619-634. En: *Biodiversidad, taxonomía y biogeografía de artrópodos de México*, Volumen I. J. Llorente-Bousquets, A.N. García-Aldrete y E. González-Soriano (eds.). UNAM, México.

Pont, A.C. 1972. Family Muscidae. Pp. 1-111. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States, 97*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología, Secretaria da Agricultura Sao Paulo, Brasil.

——. 1974. Family Anthomyiidae. Pp.1-21. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States*, 96a. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología, Secretaria da Agricultura Sao Paulo, Brazil.

Richards, O.W. 1967. Family Sphaeroceridae. Pp. 1-28. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States, 72*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología, Secretaria da Agricultura Sao Paulo, Brasil.

Ripstein, C. 1935. Los mosquitos del Valle de México III. *Anales del Instituto de Biología* 6:213-233.

Robinson, H. 1970. Family Dolichopodidae. Pp. 1-92. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States, 40*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología, Secretaria da Agricultura Sao Paulo, Brasil.

Rueda-Salazar, A.M. y Z. Cano-Santana. 2009. Artropodofauna. Pp. 171-201. En: *Biodiversidad del Ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Sabrosky, C.W. y C.H. Paganelli. 1984. Family Chloropidae. Pp. 1-63. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States, 81*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología, Secretaria da Agricultura Sao Paulo, Brasil.

SEMARNAT. Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicado el 30 de diciembre de 2010, en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Thompson, F.C., J.R. Vockeroth y Y.S. Sedman. 1976. Family Syrphidae. Pp. 1-195. En: *A catalogue of the Diptera of the Americas south of the United States, 46*. P.E. Vanzolini y N. Papavero (eds.). Departamento de Zoología, Secretaria da Agricultura Sao Paulo, Brasil.





Resumen ejecutivo

Diversidad de vertebrados

Uri Omar García Vázquez
Marysol Trujano Ortega

En los ecosistemas existe un equilibrio natural que depende de las interacciones entre los miembros de la comunidad y su hábitat. Los animales vertebrados realizan diversos servicios que son elementales para el funcionamiento adecuado de un ecosistema; por ejemplo, las aves y algunos murciélagos transportan el polen de las flores, con lo que ayudan a la polinización y reproducción de las plantas. Aves de mayor tamaño, así como mamíferos pequeños y medianos, se encargan de digerir, transportar y dispersar las semillas de los frutos. Las ranas y las lagartijas son controladoras de plagas y enfermedades, ya que consumen una gran cantidad de insectos, algunos de ellos incluso son portadores de enfermedades nocivas para el ser humano. Las aves de rapiña y las serpientes son las encargadas de evitar que existan plagas de animales más grandes, como roedores.

A pesar de que la Ciudad de México es la entidad federativa con menor extensión del país, exhibe una gran diversidad de animales vertebrados y presenta un importante número de especies endémicas que se distribuyen dentro de su territorio. Muestra de ello es que de las 510 especies de vertebrados que se sabe que habitan la entidad, 96 son endémicas de México, 28 de la Faja Volcánica Transmexicana, 11 a la cuenca de México y cuatro especies son exclusivas de la capital.

En el cuadro 1 se incluye el número de especies de vertebrados reportado en los capítulos de este estudio, los cuales representan 9.4% del total para México y de los cuales 74 se encuentran en algún estatus de protección de la NOM 059.

Cuadro 1. Número de especies de vertebrados en la Ciudad de México.

Grupo	Número de especies	% del total en México	En NOM-059*
Peces	22[1]	0.5	1
Anfibios	18	4.9	11
Reptiles	39	5.6	21
Aves	355	32.2	32
Mamíferos	83	15.8	9
Total	517	9.4	74

[1] En este valor se incluyen siete especies invasoras.
Fuente: elaborado con la información presentada en los capítulos del presente estudio. *SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

García-Vázquez, U.O. y M. Trujano-Ortega. 2016. Resumen ejecutivo. Diversidad de vertebrados. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.373-374.

Cabe destacar que el grupo de las aves es el mejor representado, con 32% de las especies para México, seguido por los mamíferos, con 15%, y por los reptiles, con 5%. En cuanto al número de especies bajo algún estatus de protección de la NOM 059, las aves son el grupos más importante (32), seguido de los reptiles (21) y los anfibios (11; cuadro 1).

Además de la riqueza, otro factor importante es la abundancia de las especies, la cual tiene una relación directa con el ambiente que habitan. La abundancia mayor de especies de vertebrados dentro de la ciudad se encuentra en la región Humedales de Xochimilco-Tláhuac debido a que permite la vida acuática y sirve como lugar de protección para especies migratorias. La región Bosques y Cañadas presenta el mayor número de especies de reptiles y mamíferos, y en Parques y Jardines Urbanos se concentra la mayor diversidad de anfibios.

A pesar de lo que podría pensarse por su pequeña extensión y por ser la zona urbana más grande del país, la Ciudad de México es una entidad con una biodiversidad relevante para el país. En los siguientes capítulos, los especialistas describen a detalle la más reciente actualización de la diversidad, distribución, amenazas y recomendaciones para la conservación de los organismos de este importante grupo taxonómico.

Peces

Leticia Huidobro Campos
Xavier Valencia Díaz
Nicolás Álvarez Pliego
Héctor Espinosa Pérez

Introducción

Los peces son un grupo de vertebrados acuáticos que se caracterizan por presentar apéndices en forma de aletas para su desplazamiento; por lo general su cuerpo está cubierto de escamas. En la mayoría de ellos, la respiración y captación de oxígeno se lleva a cabo en las branquias, presentan una línea lateral que funciona como órgano sensorial que les permite detectar movimientos y vibraciones en el agua y una vejiga natatoria que les sirve para equilibrar la flotación (Lagler *et al.* 1977).

Se distribuyen en océanos, lagunas costeras, estuarios, ríos, arroyos, lagos, charcas y aguas subterráneas, desde regiones árticas hasta zonas tropicales (Helfman *et al.* 1997). Este grupo de animales es vulnerable, ya que depende del agua, recurso que se encuentra sumamente amenazado. En la cuenca de México existieron lagos y ríos que daban sustento a poblaciones de peces, pero en la actualidad sólo se conserva 2% del paisaje natural (Legorreta *et al.* 2009). En la Ciudad de México, los peces se encuentran amenazados y en peligro de desaparecer debido a que la mayoría de los ríos se encuentran entubados y los lagos están cubiertos por construcciones y en franco estado de extinción, salvo Xochimilco y Chapultepec.

Diversidad

Los peces son el grupo más diverso de vertebrados. Se estima que hay 27 977 especies descritas en el mundo, lo que representa poco más de la mitad del total de especies conocidas de todos los vertebrados (54 711) (Nelson 2006). En México el número de especies descritas es de 2 723; en particular, la fauna de peces de agua dulce cuenta con 506 especies distribuidas en 47 familias, lo que habla de la riqueza específica del grupo (Espinosa *et al.* 1993, Miller *et al.* 2009, De la Vega-Salazar 2006, Torres-Orozco y Pérez-Hernández 2011).

En México se han contabilizado alrededor de 330 especies de peces dulceacuícolas endémicas, de los cuales para la ciudad se han documentado 15 (4.4% del total). Este número se ve incrementado por la presencia de siete especies invasoras (estas últimas como resultado de las actividades de acuicultura y acuarismo), lo que suma un total de 22 especies (apéndice 44).

De las especies nativas (cuya distribución natural incluye la Ciudad de México), tres se encuentran extintas: la carpa xochimilca (*Evarra bustamantei*), la carpa verde (*E. eigenmanni*) y la carpa de Tláhuac (*E. tlahuacensis*; Contreras-Balderas *et al.* 2008); tres se encuentran extirpadas (especies que no cuentan con poblaciones establecidas en su hábitat natural y que es posible encontrarlas en otros sitios): la carpita azteca (*Notropis sallaei*),[1] el pupo del valle (*Algansea*

[1] Schönhuth y Doadrio (2003), con base en estudios filogenéticos con citocromo b, sugieren que *Aztecula sallaei* debe ser considerada como *Notropis sallaei* (G nther, 1868).

Huidobro-Campos, L., X. Valencia D., N. Álvarez-Pliego y H. Espinosa-Pérez. 2016. Peces. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 376-382.

tincella) y el charal de Xochimilco (*Chirostoma humboltianum*), estas especies es posible encontrarlas en la Faja Volcánica Transmexicana (Miller *et al*. 2009). Las dos que subsisten en la actualidad son el mexclapique (*Girardinichthys viviparus*) y el charal (*Chirostoma jordani*). El mexclapique habita en la cuenca del valle de México y el charal en gran parte del centro del país. Es importante señalar que en el cuadro 1 se mencionan a *Girardinichthys multiradiatus*, *Goodea atripinnis*, *Heterandria bimaculata*, *Lepomis macrochirus*, *Micropterus salmoides*, *Xiphophorus hellerii* y *X. variatus*, como especies nativas en la Faja Volcánica Transmexicana y en México, pero su distribución natural no incluye a la Ciudad de México, aunque se encuentran translocadas (especies nativas que son introducidas en áreas diferentes a su distribución natural) en algunos cuerpos de agua como Xochimilco y en Parques y Jardines Urbanos (Huidobro *et al*. 2002, Miller *et al*. 2009).

Para el caso de las carpas endémicas y extintas de la ciudad, la poca información que se obtuvo antes de su extinción las refirió como especies muy sensibles a ligeros cambios en el ambiente. Su hábitat eran los manantiales ubicados en San Gregorio y Tláhuac, hoy en día completamente urbanizados, lo que ocasionó que paulatinamente la calidad del agua decreciera promoviendo su extinción.

Distribución

De las 506 especies de peces de agua dulce en México, 330 son endémicas, las cuales presentan patrones de distribución que corresponden a su historia biogeográfica. De esta manera, podemos encontrar especies pertenecientes a ocho provincias: Mesa del Norte, Cuencas de la vertiente del Pacífico noroeste, Baja California Peninsular, Complejo Tamesí-Pánuco, Provincia del río Balsas, Provincia Chiapas-Nicaraguense, Provincia del Usumacinta y Mesa Central. Es en esta última provincia donde se ubican los peces nativos de la cuenca de México (Miller *et al*. 2009). Los ambientes lacustres de la cuenca de México se caracterizaron por albergar grandes poblaciones de peces y, de acuerdo con los registros obtenidos de colecciones científicas así como en literatura especializada, y por la extensión de los cuerpos de agua, en los humedales de Xochimilco y Tláhuac es donde históricamente se ha concentrado la mayor diversidad de especies nativas y endémicas (Alcocer y Escobar 1990, 1992). En la actualidad, en esta misma región se sigue conservando la mayor diversidad, representada por siete especies invasoras, siete traslocadas y dos nativas: el mexclapique (*Girardinichthys viviparus*) y el charal (*Chirostoma jordani*). Otra región con registros de peces en la ciudad son los cuerpos de agua en Parques y Jardines Urbanos, como el lago de Chapultepec, donde se destaca la presencia de estas mismas especies nativas, el charal y el mexclapique. Este último se distribuye en las cuatro regiones de la ciudad que presentan cuerpos de agua: Humedales de Xochimilco-Tláhuac, Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, Bosques y Cañadas y Parques y Jardines Urbanos, y se encuentra bajo la categoría de seriamente amenazado por su vulnerabilidad (Navarrete-Salgado 2004).

Cabe mencionar que algunos cuerpos de agua en la ciudad, como el río Magdalena, no han sido sujetos a un estudio exhaustivo de recolecta de peces, por lo que no se tienen registros documentados.

Importancia

Los peces desempeñan un papel importante en el ecosistema donde habitan, ya que ocupan una posición fundamental en la red alimentaria, siendo presa de muchos animales y funcionando como reguladores naturales de otros organismos a través de la depredación o competencia. Por ejemplo, se sabe que los mexclapiques (*Girardinichthys* spp.) (Trujillo-Jiménez y Espinosa de los Monteros Viveros 2006) y el guppy (*Poecilia reticulata*) (Rojas *et al*. 2004) consumen larvas de insectos, por lo que pueden considerarse reguladores naturales de la población de estos invertebrados.

Cuadro 1. Especies de peces registradas en la Ciudad de México.

Especie	Estatus	NOM 059*	UICN*	Endemismo	Origen	Humedales de Xochimilco-Tláhuac	Serranías de Xochimilco y Milpa Alta	Bosques y Cañadas	Parques y Jardines Urbanos
Algansea tincella	€			FVT	N	X			X
Carassius auratus					I	X		X	X
Chirostoma humboldtianum	€		DD	CM	N	X	X		
Chirostoma jordani				M	N	X			X
Ctenopharyngodon idella					I	X			
Cyprinus carpio					I	X		X	X
Evarra bustamantei	†			CDMX	N	X	X		
Evarra eigenmanni	†			CDMX	N	X	X		
Evarra tlahuacensis	†			CDMX	N	X			
Girardinichthys multiradiatus				FVT	NTr				X
Girardinichthys viviparus		P	CR	CM	N	X	X	X	X
Goodea atripinnis				FVT	NTr	X			
Heterandria bimaculata				M	NTr	X			X
Lepomis macrochirus				M	NTr	X			
Micropterus salmoides				M	NTr	X			
Notropis sallaei	€			CM	N	X			
Oncorhynchus mykiss					I			X	
Oreochromis aureus					I	X			
Oreochromis niloticus					I	X			
Poecilia reticulata					I	X	X		
Xiphophorus hellerii				M	NTr	X			
Xiphophorus variatus				M	NTr	X			

*NOM-059-SEMARNAT-2010: P = en peligro de extinción. **UICN (2010): DD = datos insuficientes; CR = en peligro crítico. Origen: N = nativa; NTr = traslocadas; I = invasora. Estatus: † = extinta; € = extirpada. Endemismo: M = México; FVT = Faja Volcánica Transmexicana; CM = cuenca de México; CDMX = Ciudad de México.
Fuente: elaboración propia

Algunos peces son indicadores de la calidad y el estado de salud de los sistemas hidrológicos, debido a que son sensibles a ligeros cambios en la concentración de oxígeno disuelto, pH, sólidos en suspensión, etc. (Huidobro 2000). La presencia o ausencia de una o más especies, así como el restablecimiento de una población en una zona afectada de manera natural o antropogénica, puede indicarnos el grado de perturbación del sistema (Karr 1981, Aguilar-Ibarra 2005). Esto ocurrió con la extinción de las carpas endémicas de la ciudad, al entubarse para uso doméstico el agua de los manantiales donde se encontraban originalmente.

Los peces fueron utilizados con fines alimentarios en el México antiguo, destaca el grupo de los charales. Actualmente ninguno de los peces nativos tiene importancia alimentaria; en cambio, se pueden mencionar especies invasoras como la trucha arcoíris (*Oncorhynchus mykiis*) y las mojarras tilapias (*Oreochromis niloticus* y *O. aureus*), cuyo cultivo representa una fuente de proteína en lugares como Xochimilco, Magdalena Contreras y Cuajimalpa.

Amenazas

Los peces de la cuenca de México, particularmente los de la ciudad, han tenido importancia desde la época prehispánica, ya que las primeras civilizaciones estaban asentadas en una cuenca lacustre compuesta por seis cuerpos de agua interconectados entre sí (Alcocer y Escobar 1990, 1992). En éstos se



Figura 1. El mexclapique (*Girardinichthys viviparus*) es pez vivíparo considerado en peligro de extinción.
Foto: Héctor Espinosa, Carmen Loyola y Lluvia Márquez.

tienen datos históricos de ocho especies de peces con registros de grandes tamaños de población, mismos que han disminuido paulatinamente hasta quedar sólo el mexclapique y el charal (Alcocer y Escobar 1992, Alcocer *et al.* 1992, 1993, Huidobro *et al.* 2002).

De estas especies, únicamente el mexclapique está incluido en la lista de riesgo de la NOM 059 (SEMARNAT 2010), bajo la categoría de peligro de extinción, y en la lista roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza en la categoría de Peligro Crítico (UICN 2010). Esta especie representa 12.5% del total de las históricas registradas para la entidad, pero 50% para las especies actuales, lo que la coloca como altamente vulnerable. Las poblaciones reducidas de esta especie se encuentran en peligro de desaparecer en el mediano o corto plazo, de continuar el deterioro o modificación de su hábitat como sucede en los lagos de Chapultepec y Xochimilco (Huidobro *et al.* 2002).

Como resultado de la disminución del área y volumen lacustre de la cuenca de México, desde finales del siglo XX y hasta el presente, los cuerpos de agua en Chapultepec y Xochimilco están desarticulados y quedan solamente algunos remanentes (Uribe-Peña *et al.* 1999, Legorreta *et al.* 2009). La urbanización, desecación, contaminación e introducción de especies invasoras han contribuido a la pérdida o extinción de las especies nativas de la cuenca. El fuerte impacto de las actividades antropogénicas en la ciudad ha repercutido en la distribución y pérdida de los peces nativos de esta región, como ocurrió con las carpas xochimilca, verde y de Tláhuac.

El pupo del valle (*Algansea tincella*) es sensible a cualquier deterioro ambiental causado por desechos domésticos, industriales y agrícolas; los últimos registros de esta especie datan de 1978 en Xochimilco, y actualmente se encuentra extirpada de la ciudad; sin embargo, en otras localidades del país se le considera como abundante y con potencial económico importante. El charal (*C. jordani*) tiene poblaciones muy disminuidas en Xochimilco y Chapultepec por la alteración y deterioro de la calidad del hábitat.

El mexclapique (*Girardinichthys viviparus*) es un pez vivíparo muy vulnerable al deterioro de los ecosistemas acuáticos, debido a que se desarrolla en el interior de la hembra y por lo tanto no tiene una tasa alta de descendencia,

sumado a una limitada capacidad de dispersión y recolonización (figura 1) (Efford *et al*. 1997). Navarrete-Salgado *et al*. (2003) reportaron la desaparición de esta especie en el embalse Requena, Hidalgo. El mexclapique es tolerante a condiciones de estrés ambiental y generalmente sus poblaciones son mayores cuando no están asociada a otros peces. Se ha observado que es una especie exitosa a pesar de los cambios drásticos en el ambiente acuícola, ya que se reportan poblaciones grandes en el lago de Chapultepec (Domínguez-Domínguez *et al*. 2005*a*). No obstante, es considerada de alta prioridad para su conservación, por su vulnerabilidad, endemicidad y por la presión ambiental a la que están sometidas sus poblaciones en Xochimilco y Zumpango, donde los escasos ejemplares capturados muestran la situación de vulnerabilidad en dichos lugares (Contreras-MacBeath 2005, Domínguez-Domínguez *et al*. 2005*a*, *b*). Ante tales evidencias y el escaso conocimiento que se tiene sobre su biología, es indispensable desarrollar un programa de conservación para estos peces.

Conservación

Los escasos cuerpos de agua de la ciudad persisten bajo condiciones críticas, lo que hace necesario aplicar programas de restauración bajo un enfoque interdisciplinario para garantizar en primera instancia la recuperación progresiva del ecosistema y, a largo plazo, la continuidad del mismo. Los principales factores a los que se les debe dar mayor atención y que deben frenarse son: la erosión de los suelos, la desecación de los lagos, la pérdida de hábitats terrestres y acuáticos, la sobreexplotación y agotamiento de acuíferos, los cambios en el patrón hidrológico y la contaminación por influencia de la zona urbana-industrial. Otro factor de suma importancia para las especies nativas de la ciudad es la introducción no controlada de especies invasoras, mismas que están modificando la dinámica natural de los sistemas (Huidobro *et al*. 2002).

Para el manejo y conservación de estas zonas, se deben establecer políticas de uso de agua y de descargas de aguas negras, revisar los permisos y métodos de uso de suelo, involucrar a la comunidad en los proyectos de restauración y conservación de los ambientes acuáticos y extirpar las especies invasoras del área problema. En caso de que la extirpación de especies afecte a la gente de la zona, es posible generar propuestas para construir estanques con la tecnología y condiciones adecuadas para el cultivo de estas especies, obteniendo peces comestibles cuya calidad de consumo no tendría problemas de sanidad, además de representar un ingreso para las comunidades locales.

Se requieren hacer estudios exhaustivos de las poblaciones del mexclapique, con el fin de mitigar o erradicar sus principales amenazas. Asimismo, resulta fundamental realizar estudios de las especies invasoras en la localidad, para conocer el grado de desarrollo en que se encuentran y proponer las medidas de control o extirpación adecuadas.

Conclusión

La situación de los peces nativos en la Ciudad de México es crítica: a pesar de que se tienen reportadas ocho especies nativas, sólo dos subsisten en la actualidad (*G. viviparus* y *C. jordani*), el resto están extintas o extirpadas de la región. Los principales factores que han influido en la desaparición de especies es la pérdida de cuerpos de agua por el acelerado crecimiento urbano, la alteración de sus hábitats (contaminación, deforestación, etc.) y la introducción de especies exóticas. Pese al panorama de altísimo deterioro ecológico de los sistemas lacustres, es posible encontrar algunos ríos con posibilidades de recuperación ecológica, esto implicaría la intervención de distintos niveles de gestión, tanto a nivel de sociedad civil como de instituciones gubernamentales, por ello la importancia de este estudio que permite diagnosticar el estado de la diversidad de peces en la entidad.

Referencias

Aguilar-Ibarra, A. 2005. Los peces como indicadores de la calidad ecológica del agua. *Revista Digital Universitaria* 6:1-14.

Alcocer, J. y E. Escobar. 1990. The drying up of the Mexican Plateau Axalapazcos. *Salinet* 4:34-36.

——. 1992. The aquatic of the now extinct lacustrine complex of the México basin. *Freshwater Forum* 2:171-183.

Alcocer, J., E. Kato y M.R. Sánchez. 1992. Chapultepec: una reminiscencia del México lacustre. Pp. 42-50. En: *Aspectos de la conservación y biología de la flora y fauna del Valle de México*. J.L. Camarillo y R. Rivera (eds.). Escuela Nacional de Estudios Profesionales Iztacala, UNAM.

Alcocer, J.M., L. Flores, E. Kato, *et al*. 1993. La ictiofauna remanente del lago de México. *Actas VI Congreso Español de Limnología*. 1993:315-321.

Contreras-Balderas, S., R. Mendoza Alfaro y C. Ramírez Martínez. 2008. Distribución espacial de las especies de peces. Pp. 327-330. En: *Capital natural de México, Vol 1: Conocimiento actual de la Biodiversidad*. CONABIO, México.

Contreras-MacBeath, T. 2005. Analysis of the conservation of freshwater fish species in Mexico with emphasis on viviparous species. Pp: 401-414. En: *Fishes viviparous*. M.C. Uribe y H.J. Grier (eds.). New Life Publications, Homestread, Florida.

De la Vega-Salazar, M.Y. 2006. Estado de conservación de los peces de la familia Goodeidae (Cypriniformes) en la mesa central de México. *Revista de Biología Tropical* 54:163-177.

Domínguez-Domínguez, O., N. Mercado-Silva y J. Lyons. 2005*a*. Conservation status of mexican goodeids: problems, perspectives, and solutions. Pp. 515-524. En: *Fishes viviparous*. M.C. Uribe y H.J. Grier (eds.). New Life Publications, Homestread, Florida.

Domínguez-Domínguez, O., N. Mercado-Silva, J. Lyons y H.J. Grier. 2005*b*. The viviparous goodeid fishes. Pp: 525-569. En: *Fishes viviparous*. M.C. Uribe y H.J. Grier (eds.). New Life Publications, Homestread, Florida.

Efford, I.E., C. Macías-García y J.D. Williams. 1997. Facing the challenges of invasive alien species in North America. *Global Diversity* 7:25-30.

Espinosa, H., M.T. Gaspar-Dillanes y P. Fuentes-Mata. 1993. *Listados Faunísticos de México III. Los peces dulceacuícolas mexicanos*. Instituto de Biología, UNAM.

Helfman, G.S., B.B. Collette y D.E. Facey. 1997. *The diversity of fishes*. Blackwell Science.

Huidobro, C.L. 2000. Peces. Pp. 195-263. En: *Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores)*. G. De La Lanza, S. Hernández y J.L. Carvajal (comp.). SEMARNAP/CNA/Instituto de Biología, UNAM. México.

Huidobro, C.L., X. Valencia, R. Cordero y G. Barrios. 2002. Fauna acuática. (Informe técnico). Programa Rector de Manejo del Área Natural Protegida en la Categoría de Zona Sujeta a Conservación Ecológica denominada Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco. CORENA/INECOL, A.C.

Karr, J.R. 1981. Assesment of biotic integrity using fish communities. *Fisheries* 6:21-27.

Lagler, K.F., J.E. Bardach, R.R. Miller y D.R.M. Passino. 1977. *Ichthyology. The Study of Fishes*. John Wiley & Sons, Nueva York.

Legorreta, G., C. Legorreta, C. Hernández y J. Caamaño. 2009. *Ríos, lagos y manantiales del Valle de México*. GDF/SMA/UAM, México.

Miller, R.R., W.L. Mincley y S.M. Norris. 2009. *Peces dulceacuícolas de México*. CONABIO/Sociedad Ictiológica Mexicana A.C./ECOSUR/Desert Fishes Council. México.

Navarrete-Salgado, N.A. 2004. El mexclapique una especie en camino de extinción. *Iztacala* 237:2.

Navarrete-Salgado, N.A., G. Contreras-Rivero y G. Elías-Fernández. 2003. Abundancia y estado sanitario del mexclapique (*Girardinichthys viviparus* Bustamante) en cuerpos de agua del centro de México. *Revista Chapingo* Serie Ciencias Forestales y del Ambiente 9:143-146.

Nelson, J.S. 2006. *Fishes of the world*. John Wiley & Sons, Incorporated, Hoboken, New Jersey.

Rojas, P.E., B.M. Gamboa, R.S. Villalobos y V.F. Cruzado. 2004. Eficacia del control de larvas de vectores de la malaria con peces larvívoros, nativos en San Martín, Perú. *Revista Peruana de Medicina Experimental y Salud Pública* 21:44-50.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2002 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Schönhuth, S. e I. Doadrio. 2003. Phylogenetic relationships of Mexican minnows of the Genus *Notropis* (Actinopterygii, Cyprinidae). *Biological Journal of the Linnean Society* 80:323-337.

Torres-Orozco, R. y M.A. Pérez-Hernández. 2011. Los peces de México: una riqueza amenazada. *Revista Digital Universitaria* 12:1-15.

Trujillo-Jiménez, P. y E. Espinosa de los Monteros Viveros. 2006. La ecología alimentaria del pez endémico *Girardinichthys multiradiatus* (Cyprinodontiformes: Goodeidae). En el Parque Nacional de las Lagunas de Zempoala. *Revista de Biología Tropical* 54:1247-1255.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2010. Red list of threatened species. En: <*http://www.iucnredlist.org/*>, última consulta: noviembre de 2010.

Uribe-Peña, Z., A. Ramírez B. y G.A. Casas. 1999. Anfibios y reptiles de las serranías del Distrito Federal, México. *Cuadernos del Instituto de Biología* 32:1-119.

Anfibios

Uri Omar García Vázquez
Marysol Trujano Ortega
Gustavo Casas Andreu

Introducción

La palabra anfibio significa doble vida y hace referencia a las dos fases del ciclo de vida de estos organismos: la acuática y la terrestre. Los anfibios constituyen uno de los dos grandes grupos de descendientes actuales de los primeros tetrápodos y fueron los primeros vertebrados en respirar, transportarse, escuchar y oler en tierra firme (Hickman y Parson 2002). Actualmente, este grupo está dividido en tres grandes órdenes: Anura, que incluyen ranas y sapos; Caudata, que contiene a las salamandras, y Gymnophiona o cecílidos, que son organismos sin extremidades comúnmente denominados cecilias.

Descripción

Los anfibios son vertebrados cuya temperatura corporal está regulada en función de la temperatura del ambiente; presentan una piel lisa y húmeda con numerosas glándulas; esta característica los hace sumamente vulnerables a los cambios ambientales (Hickman y Parson 2002). Son organismos con sexos separados, donde la fecundación es interna en salamandras y cecilias, y externa en sapos y ranas. Hay algunas especies que tienen metamorfosis completa, es decir que tienen tres etapas durante su desarrollo: huevo, larva y adulto, y otras que se desarrollan directamente. Los huevos carecen de cascaron y las larvas poseen branquias que les permiten vivir en el medio acuático (Hickman y Parson 2002). La mayoría de las especies que presentan metamorfosis tienen una parte del desarrollo en el agua (larva) y otra en la tierra (adulto). Las especies de desarrollo directo no dependen de los cuerpos de agua, sino que depositan sus huevos en la tierra y las crías nacen con la forma de los adultos.

En la Ciudad de México habita un gran número de ranas, sapos y salamandras. A pesar de que existen diversos trabajos que reportan especies para la entidad (Uribe-Peña *et al.* 1999, Flores-Villela y Canseco-Márquez 2007, Ramírez-Bautista *et al.* 2009), se conoce muy poco del estado actual de las poblaciones, así como de las amenazas que conlleva habitar en zonas urbanas, donde son evidentes los efectos causados por las actividades humanas (Ceballos *et al.* 2005).

Diversidad y endemismos

Los anfibios son un grupo diverso de vertebrados, se calcula que existen alrededor de 4 780 especies en el mundo (Ochoa-Ochoa y Flores-Villela 2006). México es el cuarto país más rico en especies de anfibios con 361, sólo después de Brasil, Colombia y Ecuador. Particularmente, en la Ciudad de México se encuentran 18 especies de anfibios, pertenecientes a diez géneros y ocho familias (cuadro 1, apéndice 45), que conforman 5% de los anfibios del país, 18% de la Faja Volcánica Transmexicana y 81%

García-Vázquez, U.O., M. Trujano-Ortega y G. Casas-Andreu. 2016. Anfibios. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.383-389.

del valle de México (Flores-Villela y Canseco-Márquez 2004, 2007; Ramírez-Bautista *et al*. 2009). La familia con mayor riqueza de géneros de salamandras es Plethodontidae; mientras que el género Pseudoeurycea de salamandras terrestres es el que posee más especies.

De las 18 especies registradas para la entidad, 15 son endémicas de México; asimismo se registraron seis (33%) de las 38 especies endémicas a la Faja Volcánica Transmexicana. Finalmente, las salamandras *Pseudoeurycea altamontana*, *P. tlilicxitl* y el ajolote *Ambystoma altamirani* poseen una distribución que se restringe a la cuenca de México, en los estados de México, Morelos y en la capital del país; la rana *Litobathes tlaloci* y el ajolote *Ambystoma mexicanum* son exclusivas de la ciudad y del Estado de México, y la rana *Eleutherodactylus grandis* es endémica de la Ciudad de México, lo que significa que la zona es de gran importancia para los fenómenos de endemismo de este grupo en México.

Distribución

Los anfibios se distribuyen en las áreas templadas y tropicales del mundo (Hickman y Parson 2002). Por el tipo de ciclo de vida, muchas especies muestran gran dependencia de los cuerpos de agua en que habitan, particularmente para la puesta de huevos. Los anfibios acuáticos se encuentran en las lagunas, bordos, jagüeyes (cuerpos de agua artificiales), arroyos y remansos de ríos; las formas terrestres se encuentran en bosques, pastizales y humedales. No obstante, con los niveles de alteración de los diferentes hábitats, los anfibios también se pueden encontrar en los alrededores de zonas conservadas, principalmente en lugares ocupados por cultivos.

De acuerdo con Ochoa-Ochoa y Flores Villela (2006), la Ciudad de México ocupa el décimo noveno lugar entre los estados de la república mexicana, con base en el número de registros que reporta. Para documentar la distribución geográfica de los anfibios, se tomó información de colecciones internacionales y nacionales, así como datos de trabajo de campo reciente. Se reportan 1 101 ejemplares de 105 localidades para la entidad; donde la mayoría de los registros se concentran en pocas localidades.

De acuerdo con las seis regiones en que se divide la ciudad, la mayoría de las especies se ubican dentro de los Parques y Jardines Urbanos (83%), en zonas como el bosque de Chapultepec, el bosque de Tlalpan y el Pedregal de San Ángel (cuadro 1) (Méndez de la Cruz *et al*. 2009, Recuero *et al*. 2010). Es interesante mencionar que los Parques y Jardines Urbanos reportan el mayor número de endemismos de la entidad, la especie endémica para la entidad, *Eleutherodactylus grandis*, se reporta en la Reserva del Pedregal de San Ángel.

La región Bosques y Cañadas incluye las mayores áreas donde se concentran los bosques de coníferas, tales como la cañada de los Dínamos, la sierra de las Cruces, Topilejo y las partes altas de Milpa Alta, y representan una de las zonas con más sitios de colectas de anfibios dentro de la entidad. En estos bosques se concentra 72% de la fauna de anfibios, además de que presenta una gran cantidad de especies endémicas (11) y más de la mitad de los registros (570) para la ciudad (cuadro 1); lo que probablemente se deba al trabajo que realizaron Uribe-Peña y colaboradores (1999) en la sierra de las Cruces y sierra del Ajusco. La región sierranías de Xochimilco y Milpa Alta registran 44% de las especies, la mayoría son endémicas (cuadro 1).

En la región sierra de Guadalupe se registra 33% de las especies de la ciudad; de igual modo, casi todas son endémicas de México o a la cuenca de México (cuadro 1). Méndez de la Cruz y colaboradores (1992) llevaron a cabo un estudio de los anfibios y reptiles de la zona, en el que reportan cuatro especies de anfibios que el presente trabajo no registra para Sierra de Guadalupe: *A. velasci*, *S. multiplicata*, *H. arenicolor* (figura 1) y *E. grandis*; es posible que la

Cuadro 1. Lista de especies de anfibios silvestres registradas en la Ciudad de México.

Taxón	NOM-059*	UICN**	Endemismo	Sierra de Guadalupe	Sierra de Santa Catarina	Humedales de Xochimilco-Tláhuac	Serranías de Xochimilco y Milpa Alta	Bosques y Cañadas	Parques y Jardines Urbanos
AMPHIBIA									
Anura									
Bufonidae									
Anaxyrus compactilis		LC	M	X			X	X	X
Craugastoridae									
Craugastor augusti		LC		X					
Eleutherodactylidae									
Eleutherodactylus grandis	Pr	CE	CDMX						X
Hylidae									
Hyla arenicolor		LC						X	X
Hyla eximia		LC	M	X		X	X	X	X
Hyla plicata	A	LC	M					X	X
Ranidae									
Lithobates montezumae	Pr	LC	M	X		X	X		X
Lithobates tlaloci	P	CE	VM	X		X		X	X
Scaphiopodidae									
Spea multiplicata		LC				X	X	X	X
Caudata									
Ambystomatidae									
Ambystoma altamirani	A	E	VM					X	X
Ambystoma mexicanum	P	CE	VM	X		X	X		X
Ambystoma velasci	Pr	LC	M				X		X
Plethodontidae									
Chiropterotriton orculus		V	M				X	X	X
Isthmura belli	A	V	M					X	X
Pseudoeurycea altamontana	Pr	E	VM					X	
Pseudoeurycea cephalica	A	NT	M					X	X
Pseudoeurycea leprosa	A	V	M				X	X	X
Pseudoeurycea tlilicxitl		DD	VM					X	

*NOM-059-SEMARNAT 2010: P = En peligro de extinción; A = Amenazada; PR = Protección especial. **UICN, 2010. LC = Preocupación menor; NT = Casi amenazada; VU = Vulnerable; EN = Amenazada; DD = Datos insuficientes. ***Endemismos: M = México; VM = Valle de México; CDMX = Ciudad de México. X = Indica presencia.
Fuente: elaboración propia.

razón de estos registros se deba a que en el estudio se tomó en cuenta toda la sierra, incluso la zona del Estado de México.

En la región Humedales de Xochimilco y Tláhuac se registra 28% de la fauna de anfibios total de la entidad, en especial aquellas especies que necesitan de cuerpos de agua para su supervivencia, tales como el ajolote mexicano y ranas que habitan el lago de Xochimilco, lugar donde se reporta la mayor abundancia de estos individuos (Zambrano *et al.* 2004, Bride *et al.* 2008).

Se observa que las zonas mejor estudiadas se ubican cerca de los asentamientos urbanos o suburbanos, donde se encuentran cuerpos de agua esenciales para el desarrollo de los anfibios, tales como el lago de Chapultepec o el de Xochimilco; así como las zonas boscosas del Desierto de los Leones y el Ajusco. Hay un gran vacío en otras zonas más conservadas y



Figura 1. Rana de cañon (*Hyla arenicolor*). Foto: Uri García.

sujetas a protección, tal es el caso de los bosques de pino y oyamel de Milpa Alta y Topilejo; los humedales de Tláhuac y el matorral de la región Sierra de Santa Catarina, en donde no existe ningún registro. También es necesario realizar estudios en la Sierra de Guadalupe para corroborar o descartar la presencia de las especies reportadas por Méndez de la Cruz y colaboradores (1992).

Importancia

Los anfibios son extremadamente vulnerables a los cambios ambientales debido a las características permeables de su piel, por lo que es un grupo ideal para evaluar el impacto antropogénico y para determinar el grado de conservación de algún lugar en particular (Welsh y Oliver 1998). Estos organismos también tienen un papel de reguladores dentro del ecosistema, ya que controlan eficientemente a las poblaciones de insectos, lo que evita que se puedan convertir en plagas.

Económicamente los anfibios se utilizan desde tiempo atrás. Los antiguos mexicanos consumían anfibios, tales como los ajolotes y las ranas, los cuales servían como alimento y algunas veces en forma medicinal (Hernández 1648). También se han utilizado como animales de laboratorio, en la investigación de procesos biológicos y farmacológicos (Hickman y Parson 2007).

Actualmente, entre los habitantes de las zonas rurales de la ciudad se consumen las ancas de rana, los renacuajos de las ranas y los ajolotes, que se preparan en tamales, caldos y salsas, entre otros. Otro factor importante es la venta de algunas especies como mascotas, en su mayoría extraídas ilegalmente del medio natural.

Situación y estado de conservación

Sin duda, los anfibios resultan uno de los grupos que mayor riesgo tienen ante la modificación de los hábitats, de acuerdo con la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN 2010), ocho especies de anfibios de la ciudad (40%) son consideradas de preocupación menor, una especie se encuentra casi amenazada (5%), tres vulnerables (15%), dos en peligro (10%), tres en peligro crítico (15%) y de una especie no se tienen datos suficientes para evaluar su estado de conservación (cuadro 1). Por otro lado, en la normatividad mexicana NOM 059 (SEMARNAT 2010) se consideran 11 especies (61%) dentro de alguna categoría de conservación; cuatro (22%) como protección especial; cinco (25%) amenazadas y dos especies; una rana (*Litobathes tlaloci*) y un ajolote (*Ambystoma mexicanum*) en peligro de extinción.

Existen pocos datos para evaluar de manera confiable el efecto de la pérdida de la cubierta forestal, la contaminación y la desaparición de los cuerpos de agua en las poblaciones de anfibios; sin embargo, es evidente que este impacto ha provocado la disminución de sus poblaciones o la desaparición local de algunas especies. Ejemplo de ello es la rana *L. tlaloci*, que no se ha vuelto a observar desde su descripción en 1985 (Hillis y Frost 1985).

Amenazas

Actualmente se han detectado diversos problemas que provocan la declinación de las poblaciones de anfibios, aunque aún no se determina de manera clara cuál es el que mayor afectación tiene. Se puede suponer que factores como el cambio climático, la infección por hongos y bacterias y la destrucción masiva del hábitat, son los principales causantes de esta declinación (Lips *et al.* 2004). La Ciudad de México no es la excepción, y dadas las grandes modificaciones que se dan en el ambiente muchas poblaciones de anfibios están extirpadas localmente de diversas áreas de la ciudad (Méndez de la Cruz *et al.* 2009).

Específicamente en la ciudad se observa que el incremento de la radiación ultravioleta en los lugares donde habitan y se reproducen algunos anfibios (Frías-Álvarez 2005), la modificación y destrucción del hábitat, la contaminación ambiental y la sobreexplotación de algunos anfibios ha repercutido negativamente en el número de especies y organismos (Méndez de la Cruz *et al.* 2009).

Por otro lado, el descenso de los mantos freáticos y la desecación de humedales, el entubamiento de manantiales y corrientes y el cambio de uso del suelo para actividades agrícolas, pastoreo y vivienda humana provoca la disminución drástica del hábitat de estas especies. Finalmente, otro factor a considerar es la introducción de especies exóticas a los cuerpos de agua en que habitan los anfibios. Estas especies introducidas ocasionan cambios en el ambiente o son depredadoras de huevos, larvas y adultos de éstos, tal es el caso de peces como la carpa, la tilapia y las truchas exóticas en los arroyos donde habitan ajolotes (Recuero *et al.* 2010).

Recomendaciones

La pérdida de humedales en la ciudad es un hecho constatado (Recuero *et al.* 2010). Tradicionalmente, estas zonas han sido objeto de máximo interés exclusivamente por su función como hábitat de aves acuáticas, lo que lleva consigo la protección de grandes zonas lacustres y deja olvidados pequeños humedales, charcas temporales y otros pequeños cuerpos de agua dulce muy importantes en la reproducción de este grupo de vertebrados, que hasta el momento no ha sido favorecido por las estrategias de conservación de las administraciones públicas.

Es así como resulta necesario realizar operaciones de limpieza de vertidos o de escombros en charcas, así como la creación de cuerpos de agua artificiales en parques, jardines y espacios libres en centros de enseñanza. Asimismo, es necesario implementar programas de recuperación de desechos sólidos que impidan la contaminación de éstos así como evitar el uso de plaguicidas a la par del desarrollo de nuevas tecnologías renovables (energía solar, energía eólica o bioenergía). También se debe trabajar simultáneamente en la creación de leyes más enérgicas que impidan el continuo crecimiento de la mancha urbana.

Un aspecto importante, en algunos casos como el del ajolote *Ambystoma mexicanum* y la rana *Hyla eximia* es el cultivo en cautiverio de especies (conservación *ex situ*), ya que pueden ser de las únicas prácticas de conservación que mantengan a salvo a algunas especies en esta área geográfica, cuyos hábitats naturales han sido destruidos.

Conclusión

La conservación de los anfibios y los lugares donde viven es importante, ya que son un grupo muy susceptible a los cambios ambientales y de tipo de suelo. A pesar de que la diversidad de anfibios en la Ciudad de México es relativamente pequeña, contiene una considerable abundancia de individuos; no obstante aún falta por conocerse el estado actual de muchas de sus poblaciones. Es necesario realizar estudios sobre todo en las áreas mejor conservadas de la entidad, de igual modo es preciso determinar la distribución geográfica así como la presencia de especies introducidas. Los anfibios constituyen un excelente grupo indicador de la salud de los ambientes donde habitan, por lo que deben ser utilizados para la toma de decisiones relacionadas con acciones de conservación.

Referencias

Bride, I.G., R.A. Griffiths, A. Meléndez-Herrada y J.E. McKay. 2008. Flying an amphibian flagship: conservation of the Axolotl *Ambystoma mexicanum* through nature tourism at Lake Xochimilco, México. *International Zoo Yearbook* 42:116-124.

Ceballos, G., J. Cruzado y C. Colón. 2005. Conservación de la fauna en peligro de extinción en el bosque de Chapultepec. *Biodiversitas* 61:12–15.

Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2004. Nuevas especies y cambios taxonómicos para la herpetofauna de México. *Acta Zoológica Mexicana* (n. s.) 20:115-144.

——. 2007. Riqueza de la herpetofauna. Pp. 407-420. En: *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. I. Luna-Vega, J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.). CONABIO/UNAM. México.

Frías-Álvarez, P. 2005. Rana montezumae *en el jardín botánico de la* UNAM. *Estudios fonológicos y detección de enfermedades y malformaciones*. Tesis profesional. Facultad de Ciencias, UNAM.

Hernández, F. 1648. *Rerum medicarum novae hispaniae thesaurus seu plantarum animalium mineralium mexicanorum historia*. Mascardi, Roma.

Hickman, C.R. y L.A. Parson. 2002. *Principios Integrales de Zoología*. McGraw Hill. Interamericana. España.

Hillis, D. y D. Frost. 1985. Three new species of leopard frogs (*Rana pipiens complex*) from the Mexican Plateau. *Occasional Papers Museum of Natural History, University of Kansas* 117:3.

Lips, K.R., J.R.I. Mendelson, A. Muñoz-Alonso, *et al.* 2004. Amphibian population declines in montane southern Mexico: resurveys of historical localities. *Biological Conservation* 119:555-564.

Méndez de la Cruz, F., J.L. Camarillo-R., M. Villagrán-Santa Cruz y R. Aguilar-Cortez. 1992. Observaciones sobre el status de los anfibios y reptiles de la Sierra de Guadalupe (Distrito Federal-Estado de México). *Anales del Instituto de Biología*, UNAM, *Serie Zoológica* 63:246-256.

Méndez de la Cruz, F., A.H. Díaz de la Vega P. y V.H. Jiménez. 2009. Herpetofauna. Pp 243-260. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM. México.

Ochoa-Ochoa, M.L. y O. Flores-Villela. 2006. *Áreas de Diversidad y Endemismo de la Herpetofauna Mexicana*. UNAM/CONABIO. México.

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, U.O. García-Vázquez, *et al*. 2009. *Herpetofauna del Valle de México, diversidad y conservación*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/CONABIO. México.

Recuero, E., J. Cruzado, G. Parra-Olea y K.R. Zamudio. 2010. Urban aquatic habitats and conservation of highly endangered species: the case of *Ambystoma mexicanum* (Caudata, Ambystomatidae). *Annals Zoological Fennici* 47:01-16.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010.Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

UICN. International Union for Conservation Nature. 2010. Red list of threatened species. En: <*http://www.iucnredlist.org*>, última consulta: enero de 2011.

Uribe-Peña, Z., A. Ramírez-Bautista y G. Casas Andreu. 1999. Anfibios y Reptiles de las Serranías del Distrito Federal, México. Instituto de Biología, UNAM. *Cuadernos del Instituto de Biología* 32:1-119.

Welsh, H.H.J., y L.M. Ollivier. 1998. Stream amphibians as indicators of ecosystem stress: A case study from California's redwoods. *Ecological Applications* 8:1118-1132.

Zambrano, L., V.H. Reynoso y G. Herrera. 2004. Abundancia y estructura poblacional del axolotl (*Ambystoma mexicanum*) en los sistemas dulceacuícolas de Xochimilco y Chalco. CONABIO/UNAM, México.

Reptiles

Uri Omar García Vázquez
Fausto Méndez de la Cruz

Introducción

La característica más notoria de un reptil son las escamas exteriores, estructuras que le proveen de protección contra la desecación y los daños físicos. Los reptiles fueron los primeros vertebrados en presentar una columna vertebral diferenciada y un tórax cerrado, tienen un esqueleto casi completamente osificado y respiran a través de pulmones (Hickman *et al.* 2002). Se dice que los reptiles, al igual que los peces y anfibios, son de *sangre fría*, esta denominación es incorrecta y no se refiere a la temperatura absoluta de su sangre, sino a que los reptiles no pueden regular su temperatura de la misma manera que las aves o los mamíferos, ya que su cuerpo se calienta o enfría de acuerdo con las fluctuaciones del ambiente, dependiendo directamente de fuentes externas como los rayos del sol.

Poseen sexos separados, aunque existen casos de partenogénesis, en donde una hembra puede poner huevos fértiles en respuesta a la ausencia de machos (la lagartija *Aspidoscelis cozumela* y la culebrita ciega *Rhamphotyphlops braminus*; Hickman *et al.* 2002). Los reptiles presentan fertilización interna, es decir, tienen órganos copuladores. Presentan dos tipos de reproducción: ovíparos y vivíparos (Hickman *et al.* 2002). Los primeros ponen huevos cubiertos con un cascarón, mientras que los segundos paren directamente las crías y el aporte materno de nutrimentos se da a través del vitelo o bien de la placenta; en ambos casos las crías nacen con la forma general del adulto y se valen por sí mismas. En los cocodrilos, algunas lagartijas y serpientes, existen casos de cuidados parentales durante la incubación e incluso después del nacimiento. Las especies vivíparas normalmente dejan de comer durante las fases tardías de gravidez, mientras que las ovíparas pueden hacerlo, pero durante un periodo más corto (Hickman *et al.* 2002).

Diversidad y endemismo

Los reptiles son un grupo de vertebrados ampliamente diversificado, se calcula que existen alrededor de 9 547 especies en el mundo (Flores-Villela y García-Vázquez, 2014). México representa el segundo país más rico en especies de reptiles con 864, sólo después de Australia; sin embargo, a la fecha se sigue describiendo un número considerable de especies nuevas, por lo que es muy probable que en algunos años sea el país más rico en especies de reptiles.

A pesar de la gran riqueza (número de especies) de reptiles México, son pocos los trabajos faunísticos completos que se refieren a ellos en la Ciudad de México. Uribe-Peña y colaboradores (1999) analizaron la distribución de los anfibios y reptiles en las serranías que rodean la capital y registraron 27 especies de reptiles; Flores-Villela y Canseco-Márquez (2007)

García-Vázquez, U.O. y F. Méndez de la Cruz. 2016. Reptiles. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/ SEDEMA, México, pp. 390-397.



Figura 1. Víbora de cascabel de bandas cruzadas (*Crotalus transversus*) en el volcán Xitle. Foto: Eric Centenero Alcalá.

analizaron la composición herpetofaunística de la Faja Volcánica Transmexicana y proporcionan una lista de 40 especies de reptiles para la ciudad; Ramírez-Bautista y colaboradores (2009) aportan una lista de 39 reptiles para la localidad. Las discrepancias en estos trabajos en cuanto al número de especies de reptiles para la entidad se deben a diferencias en la identificación de las especies, cambios taxonómicos u omisiones.

Específicamente en la entidad se encuentran 39 especies de reptiles, de las cuales 14 son lagartijas, 23 serpientes y dos tortugas (apéndice 46). Estas especies se incluyen en 16 géneros y 10 familias (cuadro 1) que son 4.5% de los reptiles de México, 28% de la Faja Volcánica Transmexicana y 56% de la cuenca de México (Flores-Villela y Canseco-Márquez 2007, Ramírez-Bautista *et al.* 2009). La familia de lagartijas con mayor riqueza es Phrynosomatidae (26%) y para las serpientes es Colubridae (40%), mientras que los géneros más diversos son *Sceloporus* (23%), *Crotalus* (15%) y *Thamnophis* (15%).

En la ciudad se presentan 32 especies endémicas de México (82%): 12 lagartijas, 18 serpientes y dos tortugas; asimismo, se registraron seis (43%) de las 14 especies endémicas a la Faja Volcánica Transmexicana. Finalmente, dos especies de lagartijas (*Sceloporus anahuacus* y *S. sugillatus*) y una serpiente (*Crotalus transversus*, figura 1) poseen una distribución restringida a las montañas de la cuenca de México en los estados de México, Morelos y en la Ciudad de México.

Distribución

De acuerdo con los datos obtenidos para las seis regiones en que se dividió la ciudad, el mayor número de especies de reptiles está presente en la región Bosques y Cañadas (64%), región que contiene áreas ecológicas importantes como el Desierto de los Leones

Cuadro 1. Lista de especies de reptiles silvestres registradas.

Taxón	NOM-059*	UICN**	Endemismo ***	Sierra de Guadalupe	Sierra de Santa Catari-na	Humedales de Xochimil-co-Tláhuac	Serranías de Xochimilco y Milpa Alta	Bosques y Cañadas	Parques y Jardines Urbanos
REPTILIA									
Sauria									
Anguidae									
Barisia imbricata	PR	LC	M	X		X	X	X	X
Phrynosomatidae									
Phrynosoma orbiculare	A	LC	M	X	X		X	X	X
Sceloporus aeneus		LC	M					X	
Sceloporus anahuacus		LC	VM					X	
Sceloporus grammicus	PR	LC		X	X	X	X	X	X
Sceloporus mucronatus		LC	M					X	
Sceloporus palaciosi		LC	FV				X	X	
Sceloporus scalaris		LC	M	X		X			X
Sceloporus spinosus		LC	M	X	X				
Sceloporus sugillatus		LC	VM					X	
Sceloporus torquatus		LC	M	X	X	X	X	X	X
Scincidae									
Plestiodon brevirostris		LC	M					X	
Plestiodon copei	PR	LC	FV					X	
Teiidae									
Aspidoscelis gularis		LC		X	X		X		
Serpentes									
Colubridae									
Conopsis biserialis	A	LC	M						X
Conopsis lineata		LC	M				X	X	X
Conopsis nasus		LC	M	X					X
Diadophis punctatus		LC		X		X		X	X
Geophis bicolor	PR	DD	M						
Geophis petersii	PR	DD	M						
Pituophis deppei	A	LC	M	X	X	X	X	X	X
Rhadinaea laureata		LC	M			X		X	X
Salvadora bairdi	PR	LC	M	X				X	X
Storeria storerioides		LC	M				X	X	X
Thamnophis cyrtopsis	A	LC						X	
Thamnophis eques	A	LC		X		X		X	X
Thamnophis melanogaster	A	EN	M			X			X
Thamnophis pulchrilatus		LC	M					X	
Thamnophis scalaris	A	LC	M	X				X	X
Thamnophis scaliger	A	VU	M			X	X	X	X
Typhlopidae									
Ramphotyphlops braminus									X
Viperidae									
Crotalus aquilus	PR	LC	M	X					
Crotalus molossus	PR	LC		X			X		X
Crotalus polystictus	PR	LC	M			X			
Crotalus ravus	A	LC	M	X			X	X	X

Cuadro 1. Continuación.									
Taxón	**NOM-059***	**UICN****	**Endemismo *****	**Sierra de Guadalupe**	**Sierra de Santa Catarina**	**Humedales de Xochimilco-Tláhuac**	**Serranías de Xochimilco y Milpa Alta**	**Bosques y Cañadas**	**Parques y Jardines Urbanos**
Crotalus transversus	P	LC	VM					X	
Crotalus triseriatus		LC	FV				X	X	X
Testudines									
Kinosternidae									
Kinosternon hirtipes	PR	LC	M	X		X			
Kinosternon integrum	PR	LC	M			X			
Total	21	38	32	17	6	13	13	25	21

*Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT 2010): P, en peligro de extinción; A, amenazada; PR, protección especial. **UICN (2010): LC, preocupación menor; NT, casi amenazada; VU, vulnerable; EN, amenazada; DD, datos insuficientes. ***M, México. FV, Faja Volcánica Transmexicana. VM, Valle de México. X, indica presencia.
Fuente: elaboración propia, con taxonomía basada en Ramírez-Bautista *et al.* 2009.

y la cañada de los Dinamos, las cuales presentan un bajo grado de perturbación. Los inventarios de diversidad no se han realizado de manera uniforme y la mayoría de los registros corresponden a la zona del Ajusco, el Desierto de los Leones y la cañada Contreras; mientras que en regiones amplias de bosque como Topilejo o Milpa Alta, los registros son escasos o anecdóticos.

Los Parques y Jardines Urbanos presentan 54% de los reptiles de la ciudad, la elevada riqueza de especies en esta región se debe principalmente a que se incluyen áreas protegidas como el bosque de Chapultepec y la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA); debido a sus condiciones ecológicas únicas, ésta última aporta el mayor número de especies dentro de esta región.

La Sierra de Guadalupe es una región pequeña que presenta un alto grado de perturbación; sin embargo, en ella habitan poco menos de la mitad del total de reptiles de la ciudad (44%). Se ha logrado recopilar la diversidad de este sitio por el trabajo de colecta sistemático realizado entre 1979 y 1980 por Méndez-De la Cruz y colaboradores (1992), por lo que se tiene registrada una diversidad alta. Estos autores mencionan que para 1990, cinco especies de reptiles estaban extirpadas de la zona, lo que muestra el elevado riesgo de pérdida de especies en el lugar.

La región Humedales de Xochimilco y Tláhuac representa 33% de la diversidad de la entidad; a pesar de tener relativamente poca diversidad, esta zona alberga especies que no se encuentran en otra región, tal es el caso de la lagartija *Aspidoscelis gularis* (que no se ha observado desde 1962, de acuerdo con Duellman y Zweifel 1974), la víbora de cascabel *Crotalus polystictus* y la culebra de agua *Thamnophis melanogaster*. Los reptiles de esta región son particularmente vulnerables al elevado grado de contaminación presente en la zona; otro factor importante es la introducción de especies invasoras, ya que es común observar especies de reptiles que fueron utilizadas como mascotas y que actualmente se encuentran en vida libre, por ejemplo, la falsa coral *Lampropeltis triangulum* y las tortugas *Kinosternon integrum* y *Trachemys scripta*.

La región Sierras de Xochimilco y Milpa Alta presenta 33% de los reptiles de la ciudad, mientras que en la Sierra de Santa Catarina, donde se localiza el cerro de la Estrella, se registra 15% de la fauna total de la entidad. En ambas zonas es notoria la ausencia de registros y trabajos de colecta y las únicas especies registradas corresponden a registros anecdóticos o mencionados en trabajos más generales, por lo que es probable que la diversidad en estas zonas esté subestimada.

Importancia

Los reptiles, al igual que el resto de la fauna de la Ciudad de México, desempeñan un papel fundamental en el ecosistema donde habitan. Muchas especies representan el alimento principal de aves y mamíferos medianos (Hickman *et al.* 2002), lo que los coloca en una posición importante en la red alimentaria.

La mayoría de las serpientes son controladoras naturales de plagas de roedores, mientras que la mayoría de las lagartijas consumen grandes cantidades de insectos, algunos de ellos nocivos para los cultivos (García-Vázquez *et al.* 2006). Las tortugas se alimentan de una gran cantidad de peces, por lo que son controladores biológicos potenciales de especies introducidas. Asimismo, existen especies de reptiles que se alimentan exclusivamente de otros reptiles, tal es el caso de la serpiente de cascabel *Crotalus triseriatus*, la cual se alimenta principalmente de lagartijas del género *Sceloporus* (García-Vázquez, datos no publ.). Los reptiles son buenos indicadores de la calidad ambiental, ya que son sensibles a contaminantes (Gardner y Oberdörster 2005, Salame *et al.* 2008) y al calentamiento del planeta, al ser organismos que dependen del ambiente para calentarse (Sinervo *et al.* 2010).

Existen al menos seis especies venenosas en la entidad, las cuales se destacan por su importancia médica (Campbell y Lamar 2004). Si bien los accidentes con estas especies son escasos, el que exista una gran diversidad de serpientes de cascabel ocasiona que se promueva una estrecha relación entre estos organismos y las personas del sector urbano y rural, lo que incrementa la probabilidad de contacto traumático con las serpientes. Por lo tanto, es necesario disponer de medidas preventivas y de medicamentos y sueros antiviperinos, así como impartir cursos o talleres para capacitar al personal médico acerca del uso y la aplicación de antivenenos en las zonas de riesgo alto, tales como la región Sierra de Guadalupe y las delegaciones Magdalena Contreras, Coyoacán, Cuajimalpa, Xochimilco y Milpa Alta. De esta manera será posible suministrar una adecuada atención a los pacientes envenenados por serpientes, evitando la mortalidad y reduciendo las secuelas permanentes en el área de la lesión, además de evitar el uso de remedios caseros a los que, aún hoy, recurren las víctimas de estos accidentes.

Conservación

Por ahora no existen datos disponibles para evaluar el posible efecto de la pérdida de la cubierta forestal, pero es evidente la modificación de la composición de la herpetofauna local. Prueba de ello son las especies que no se han vuelto a registrar (*Geophis* sp. y *Litobathes tlaloci*), de las cuales sólo se sabe por los registros históricos y no se han encontrado recientemente, así como aquéllas que presentan pocos ejemplares (Ramírez-Bautista *et al.* 2009).

De acuerdo a la Lista Roja de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y los Recursos Naturales (UICN 2010), 34 especies de reptiles de la ciudad (87%) son consideradas de preocupación menor (cuadro 1); una especie de culebra (*Thamnophis scaliger*) está en la categoría de vulnerable; la culebra de agua (*Thamnophis melanogaster*) está considerada en peligro, y de dos especies no se tienen datos suficientes para evaluar su estado de conservación. Sin embargo, de acuerdo con la NOM 059 (SEMARNAT 2010), 21 especies (54%) son consideradas dentro de alguna categoría de conservación, 11 especies (28%) como protección especial, nueve (23%) como amenazadas y una especie (*Crotalus transversus*, figura 1) se considera en peligro de extinción.

Amenazas

La pérdida gradual de la vegetación natural origina la formación de parches en el hábitat y fragmenta significativamente las poblaciones de anfibios y reptiles (García-Vázquez *et*

al. 2006), lo que promueve la desaparición de algunas especies y pone en riesgo la presencia de muchos de estos organismos en la ciudad. Los pastizales o zacatonales que se encuentran en las zonas boscosas de la entidad no suelen ser conservados, incluso se realiza una quema cada año durante la época de secas, lo que afecta a una gran cantidad de fauna que ahí habita, como por ejemplo a las lagartijas (*Sceloporus aeneus*, *S. anahuacus*, *S. palaciosi*, *S. mucronatus*, *S. torquatus*, *Plestiodon brevirostris*, *P. copei* y *Barista imbricata* y el falso camaleón (*Phrynosoma orbiculare*), así como representantes de las serpientes *Conopsis*, *Thamnophis* y *Crotalus*. Otro problema es la sustracción ilegal de las especies para su venta como mascotas, como *Sceloporus torquatus*, *Barisia imbricata* y *Phrynosoma orbiculare* (figura 2), lo cual amenaza seriamente la supervivencia de las especies de reptiles de la ciudad (Castro-Franco y Bustos 2006, García-Vázquez y Mendizábal-Beverido 2008).

Conclusión y recomendaciones

Las medidas que deben llevarse a cabo para conservar a los reptiles de la entidad son:

a) la impartición de educación ambiental que permita conocer la importancia de convivir con reptiles en áreas rurales, urbanas y suburbanas (Rivera-Hernández *et al.* 2009, Gutiérrez Santillán *et al.* 2010).

b) la aplicación adecuada de la legislación ambiental existente y el impulso a la investigación. Sin embargo, la legislación mexicana sólo contempla la protección de especies y no de las poblaciones o grupos de poblaciones que pudieran tener un significado evolutivo de importancia (*i.e.* que representen poblaciones cuyo flujo genético esté limitado de otras poblaciones y que potencialmente podrían representar especies diferentes, ESU por sus siglas en inglés; De Weerdt 2002).



Figura 2. Falso camaléon *(Phrynosoma orbiculare)* en la sierra del Ajusco. Foto: Eric Centenero Alcalá.

Para poder determinar las poblaciones que tienen un significado especial en los procesos evolutivos se requiere un conocimiento profundo de las especies y de sus relaciones de parentesco respecto a otras especies (filogenéticas) o respecto a otras poblaciones de la misma especie (filogeográficas; Moritz 2002).

El conocimiento insuficiente de las especies que habitan en el país es la deficiencia más grave, ya que no se conoce con certeza el número exacto de ellas ni su distribución, situación que obstaculiza la aplicación de programas de conservación. Si bien es cierto que existe un entusiasmo creciente por explorar las regiones de México, la definición de las especies se basa principalmente en la descripción morfológica (Murphy y Méndez de la Cruz 2010); no obstante, debido a la ambigüedad de algunos de estos caracteres y a la existencia de especies crípticas (especies aisladas genéticamente pero que morfológicamente son muy similares), cada vez es más evidente que los métodos moleculares son una gran herramienta que ayuda a definir los límites de las especies (Martínez-Méndez *et al.* 2012). Existen muy pocos reptiles estudiados con métodos moleculares y en su gran mayoría no se abordaron detalladamente las diversas poblaciones que componen las especies. Es importante resaltar que sólo un par de complejos de especies presentes en la ciudad se han estudiado a este nivel (Goyenechea Mayer-Goyenechea 2000, Zaldívar-Riverón *et al.* 2005, Calderón-Espinosa 2006, Meza 2008, Grummer *et al.* 2015), por lo que probablemente haya una mayor cantidad de especies que las registradas actualmente, lo que hace crucial la continuidad del estudio de los reptiles en esta entidad.

La conservación de los reptiles y las áreas donde viven es importante, ya que son uno de los grupos de vertebrados más diverso y de gran importancia para el ser humano. A pesar de que la Ciudad de México contiene poca diversidad en este grupo, es necesario realizar estudios orientados al suelo de conservación, porque representan las áreas mejor conservadas de la entidad. Asimismo, es preciso determinar la situación taxonómica, su distribución geográfica y el estado de las poblaciones de las especies más amenazadas, así como de aquellas introducidas y que podrían estar deteriorando el ambiente y desplazando a las especies nativas.

Referencias

Calderón Espinosa, M.L. 2006. *Filogenia molecular del grupo* Sceloporus spinosus *(Squamata; Phrynosomatidae) y evolución de la retención uterina de los huevos; evaluación de factores relacionados con el surgimiento de la viviparidad*. Tesis Doctoral. Posgrado en Ciencias Biológicas. UNAM. México.

Campbell, J.A. y W.C. Lamar. 2004. *Venomous reptiles of the western Hemisphere*. Cornell University Press. Nueva York.

Castro-Franco, R. y G. Bustos. 2006. *Herpetofauna de las áreas naturales protegidas Corredor Biológico Chichinautzin y la Sierra de Huautla, Morelos, México*. CONABIO/Universidad Autónoma del Estado de Morelos. Morelos, México.

De Weerdt, S. 2002. What really is an Evolutionary Significant Unit? *Conservation Magazine* 3(1):1-6.

Flores-Villela, O. y L. Canseco-Márquez. 2007. Riqueza de la herpetofauna. Pp. 407-420. En: *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. I. Luna-Vega, J.J. Morrone y D. Espinosa (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Flores-Villela, O y U.O. García-Vazquez. 2014. Biodiversidad de reptiles en México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Supl. 85:S467-S475.

García-Vázquez, U.O., L. Canseco-Márquez, J.L. Aguilar-López, *et al.* 2006. Análisis de la distribución de la herpetofauna en la región Mixteca de Puebla, México. Pp. 152-169. En: *Inventarios herpetofaunísticos de México: Avances en el conocimiento de su biodiversidad*. A. Ramírez-Bautista, L. Canseco-Márquez, F. Mendoza Quijano (eds.). Publicaciones Especia-

les, Sociedad Herpetológica Mexicana No. 3. México.

García-Vázquez, U.O. y N. Mendizábal-Beverido. 2008. Camaleones Endémicos de México. *Herpetófilos, Revista Mexicana especializada en Anfibios, Reptiles y Artrópodos* (1):12-13.

Goyenechea Mayer-Goyenechea, I. 2000. *Filogenia del género* Conopsis, *Gunther, 1858 (Serpentes: Colubridae) con un análisis cladista del grupo de pequeñas culebras de Norteamérica*. Tesis Doctoral. Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM. México.

Gardner S.C. y E. Oberdörster. 2005. Toxicology of Reptiles. Chemical Rubber Company Press.

Grummer, J.A., M.L. Calderón-Espinosa, A. Nieto-Montes de Oca, *et al.* 2015. *Estimating the temporal and spatial extent of the gene flow among sympatric lizard populations (genus* Sceloporus*) in the southern Mexican highlands*. Molecular ecology 24(7):1523-1542.

Gutiérrez Santillán T.V., A. Moreno Fuentes e I. Goyenechea Mayer-Goyenechea, 2010. Cosmos, corpus y praxis: estudio comparativo entre Nahuas y Otomíes del Estado de Hidalgo: el caso del "camaleón". Pp. 81-98. En: *Sistemas Biocognitivos tradicionales. Paradigmas en la conservación biológica y el fortalecimiento cultural*. A.M. Moreno, *et al.* (eds.) Asociación Etnobiológica Mexicana A.C./Global Diversity Foundation/Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/ECOSUR/Sociedad Latinoamericana de Etnobiología, México

Hickman, C., R. Larry y A. Parson. 2002. *Principios Integrales de Zoología*. Mc. Graw Hill. Interamericana.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2010. *Red list of threatened species*. En: <http://www.iucnredlist.org>, última consulta: enero de 2011.

Méndez-De la Cruz, F.R., J.L. Camarillo, M. Villagrán-Santa Cruz y R. Aguilar-Cortéz. 1992. Observaciones sobre el status de los anfibios y reptiles de la Sierra de Guadalupe (Distrito Federal-Estado de México). *Anales del Instituto de Biología*, UNAM, *Serie Zoológica* 63:246-256.

Meza L.R.N. 2008. *Filogenia de* Scelopororus aeneus y Sceloporus bicanthalis *(Reptilia: Phrynosomatidae)*. Tesis de Maestría. Posgrado en Ciencias Biológicas, UNAM.

Moritz, C. 2002. Defining Evolutionary Significant Units for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 9:290-295.

Murphy, R.W. y F.R. Méndez de la Cruz. 2010. The herpetofauna of Baja California and its associated islands: A conservation assessment and priorities. Pp. 238-273. En: *Conservation of Mesoamerican Amphibians and Reptiles*. L. David Wilson, J. H. Townsend y J. D. Johnson (eds.). Eagle Mountain Publishing, *Limited Liability Company*, Eagle Mountain, Utah.

Ochoa-Ochoa, M.L. y O. Flores-Villela. 2006. Áreas de diversidad y endemismo de la herpetofauna mexicana. CONABIO/UNAM. Distrito Federal, México.

Ramírez-Bautista, A., U. Hernández-Salinas, U.O. García-Vázquez, *et al.* 2009. *Herpetofauna del Valle de México, diversidad y conservación*. Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo/CONABIO, México.

Rivera Hernández J.E., G. Alcántara Salinas y A. Vergara Villamil. 2009. Guía Ecoturística de la Biodiversidad y la cultura de San Juan Teponaxtla, Cuicatlán, Oaxaca. Centro de Estudios Geográficos, Biológicos y Comunitarios, SC/Rufford Small Grants Foundation y Programa de Apoyo a las Culturas Municipales y Comunitarias/CONACULTA. Córdoba, Veracruz.

Salame, M.A., F. Méndez-de la Cruz, G. Aguirre y H. Serrano. 2008. Disrupción endocrina de la diferenciación sexual. *Contactos* 70:43-49.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sinervo, B., F. Méndez-de la Cruz, D.B. Miles, *et al.* 2010. Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. *Science* 328:894-899.

Uribe-Peña, Z., A. Ramírez-Bautista y G. Casas Andreu. 1999. Anfibios y Reptiles de las Serranías del Distrito Federal, México. Instituto de Biología, UNAM. México. *Cuadernos del Instituto de Biología* 32:1-119.

Zaldívar-Riverón, A., A. Nieto-Montes de Oca y J.P. Laclette. 2005. Phylogeny and evolution of dorsal pattern in the Mexican endemic lizard genus *Barisia* (Anguidae: Gerrhonotinae). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 43:243-257.

Estudio de caso

Herpetofauna en el derrame del Xitle

Aníbal Helios Díaz de la Vega Pérez
Víctor Hugo Jiménez Arcos
Fausto Roberto Méndez de la Cruz

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA) se ubica en el extremo suroeste de la cuenca hidrográfica denominada cuenca de México, en la Faja Volcánica Transmexicana, al sur de la capital del país (Rzedowski 1994). Este ecosistema se originó durante la última erupción del volcán Xitle, hace aproximadamente 2 200 años. Los afloramientos basálticos que dan origen al Pedregal cubren una extensión irregular de 70 km^2 (Cervantes y Wallace 2003), que abarca desde las faldas del Ajusco (3 100 msnm) hasta los alrededores de Huipulco, en la Ciudad de México (2 200 msnm).

Este ecosistema es importante porque presenta condiciones microambientales que soportan una diversidad de fauna considerable. Sus características ambientales y orográficas (formación de microclimas debido a la presencia de grietas, oquedades y cañones), el gradiente altitudinal, así como su reciente formación, generan diferencias en la estructura de la vegetación; por lo que es posible encontrar un elevado número de especies de reptiles y anfibios que habitan las seis grandes comunidades vegetales (bosques de *Pinus*, *Abies*, *Alnus*, matorral de *Quercus* y matorral xerófilo) que se observan en el sitio (Schmitter 1953, Rzedowski 1994).

A pesar de esta diversidad, la zona ha sido poco estudiada (Díaz 1961, Sánchez-Herrera 1980, Méndez de la Cruz *et al.* 2006, 2007, 2009). La herpetofauna en el derrame del Xitle está compuesta por 32 especies, 22 géneros, 14 familias, cuatro ordenes y dos clases (cuadro 1). En extensión, el derrame representa 0.48% del total de la cuenca de México; sin embargo, en este territorio pequeño se concentra más de 60% de la herpetofauna de toda la cuenca, lo que implica que es un área de gran importancia para la conservación de anfibios y reptiles. Del total de especies registradas en el derrame del Xitle, 62% se encuentran en alguna categoría de protección de la NOM 059 (SEMARNAT 2010) y 81% son endémicas a México, donde destacan la rana fisgona (*Eleutherodactylus grandis*, figura 1) y tres especies de lagartijas espinosas (*Sceloporus palaciosi*, figura 2; *S. anahuacus*, figura 3 y *S. torquatus torquatus*) que habitan las zonas rocosas de las serranías del sur de la ciudad (Martínez-Méndez y Méndez-de la Cruz 2007).

Es probable que algunas de las especies con registros históricos, como la lagartija cornuda (*Phrynosoma orbiculare*), la lagartija espinosa (*Sceloporus anahuacus*) y la rana de cañón (*Hyla arenicolor*), estén extirpadas localmente debido a la urbanización. Actualmente se plantea que el calentamiento climático causa el desplazamiento de muchas especies (Sinervo *et al.* 2010), como es el caso de las poblaciones de las lagartijas de pastizales (figura 4) y de las lagartijas espinosas (*S. palaciosi*). Asimismo, se tienen registros de especies introducidas en el derrame del Xitle,

Díaz de la Vega-Pérez, A., V.H. Jiménez-Arcos y F. Méndez-de la Cruz. 2016. Herpetofauna en el derrame del Xitle. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.398-403.

Cuadro 1. Categoría de riesgo de anfibios y reptiles del derrame del Xitle.

Grupo	NOM-059*	Origen en México	Categoría en REPSA	Año de registro
AMPHIBIA				
CAUDATA (salamandras)				
Plethodontidae				
Aquiloeurycea cephalica	A	E	Au	Actual
Chiropterotriton orculus	Pr	E	Au	Actual
Pseudoeurycea leprosa	A	E	Au	Actual
ANURA (ranas y sapos)				
Hylidae				
Hyla arenicolor			Au	1980
Eleutherodactylidae			Au	1980
Eleutherodactylus grandis	Pr	E	E	Actual
Ranidae				
Lithobates montezumae	Pr	E	I	Actual
Scaphiopodidae				
Spea multiplicata			I	Actual
REPTILIA				
TESTUDINES (tortugas)				
Emydidae				
Trachemys scripta	Pr		I	Actual
Kinosternidae				
Kinosternon integrum	Pr	E	I	Actual
SQUAMATA				
Lagartijas				
Anguidae				
Barisia imbricata	Pr	E	Au	Actual
Phrynosomatidae				
Sceloporus aeneus		E	Au	Actual
Sceloporus anahuacus		E	Au	Actual
Sceloporus grammicus	Pr		Au	Actual
*Sceloporus mucronatus**		E	Au	
Sceloporus palaciosi		E	Au	Actual
Sceloporus torquatus		E	Au	Actual
Phrynosoma orbiculare	A	E	Au	1980
Scincidae				
Plestiodon brevirostris		E	Au	Actual
Plestiodon copei	Pr	E	Au	Actual
Serpientes (culebras y víboras)				
Colubridae				
*Conopsis biserialis**	A	E	Au	Actual
Conopsis lineata	A	E	Au	Actual
*Conopsis nasus**		E	Au	Actual
Diadophis punctatus		E	Au	Actual
Pituophis deppei	A	E	Au	Actual
Rhadinaea laureata		E	Au	Actual
Salvadora bairdi	Pr	E	Au	Actual
*Storeria storerioides**		E	Au	Actual
Thamnophis cyrtopsis	A	E	Au	Actual

Cuadro 1. Continuación.

Grupo	NOM-059*	Origen en México	Categoría en REPSA	Año de registro
Thamnophis eques	A	E	Au	Actual
Thamnophis scalaris	A	E	Au	Actual
Leptotyphlopidae				
Rena dulcis				1990
Typhlopidae				
Ramphotyphlops braminus		I	I	Actual
Viperidae				
Crotalus molossus	Pr	E	Au	Actual
Crotalus ravus	A	E	Au	Actual
Crotalus triseriatus		E	Au	Actual
Crotalus transversus	P	E	Au	2010

NOM-059-SEMARNAT-2010, P: Peligro de extinción, PR: Protección especial, A: Amenazada; E: Endémica, I: Introducida, AU: Autóctona. * Especies con probable distribución dentro del derrame del Xitle.
Fuente: elaboración propia.



Figura 1. La rana fisgona *(Eleutherodactylus grandis)* habita la Ciudad Universitaria de la UNAM. Foto: Luis Canseco Márquez.



Figura 2. *Sceloporus palaciosi* es una de las tres especies de lagartijas espinosas que habitan la Ciudad de México (Magdalena Contreras). Foto: Uri García.

Figura 3. La lagartija *Sceloporus anahuacas* habita en la sierra del Ajusco. Foto: Uri García.



Figura 4. La lagartija *Sceloporus aeneus* habita en la zona del volcán Xitle. Foto: Aníbal Díaz de la Vega-Pérez.

como la rana de Moctezuma (*Lithobates montezumae*), sapo de espuelas (*Spea multiplicatus*), tortuga jicotea (*Trachemys scripta*), tortuga casquito (*Kinosternon integrum*) y la culebra ciega enana (*Ramphotyphlops braminus*); que pueden generar un desequilibrio en las poblaciones naturales debido a la competencia por los recursos (comida y refugio) o a la introducción de enfermedades (Méndez-de la Cruz *et al*. 2006, 2007, 2009).

Este ecosistema, además de su importancia y riqueza biológica, juega un papel crucial en la captación y recarga de mantos acuíferos que proveen agua a una de las ciudades más pobladas del mundo (SEREPSA 2008), así como al mantenimiento de la humedad y a la mejora de la calidad del aire. Sin embargo, el Pedregal enfrenta serias amenazas para su permanencia, entre las cuales se encuentran: la expansión de la mancha urbana, la modificación de uso de suelo y la introducción de fauna doméstica-feral; aspectos que ponen en riesgo la viabilidad de este frágil y complejo ecosistema.

Son necesarios estudios más detallados sobre las dinámicas poblacionales y la estructura de las comunidades de anfibios y reptiles y el estatus de las poblaciones que habitan el derrame del Xitle, haciendo especial énfasis en la REPSA. Estos estudios deben estar encaminados a evaluar el impacto que ha generado el cambio en el uso de suelo, el asilamiento de los organismos debido a la fragmentación que ha sufrido este hábitat, el impacto de la fauna feral introducida, la interacción que existe con las serpientes de cascabel, que representan una amenaza para los pobladores, entre otros.

Es necesario generar conciencia en los habitantes de los alrededores y visitantes de la zona para evitar algunas prácticas comunes como son: la extracción de animales, la quema de tierras para pastoreo, la tala inmoderada y los prejuicios infundados por considerar que los animales son peligrosos. Por ejemplo, algunas actividades pueden impactar de manera negativa a los anfibios y reptiles dentro del jardín botánico de la UNAM (visitantes que se salen de los senderos establecidos) y en el Parque Ejidal San Nicolás Totolapan (pistas para bicicletas y motocicletas), por lo que se requieren programas de manejo urgentes, tanto para disminuir el impacto sobre la fauna local como también para evitar accidentes con las víboras de cascabel (*Crotalus molossus*) y, en dado caso, atender las emergencias adecuadamente. De esta forma, se podrán generar medidas encaminadas a la protección de las poblaciones de anfibios y reptiles que ahí habitan, así como a la conservación de este particular y único sitio, y la convivencia con los seres humanos.

Referencias

Cervantes, P. y P . Wallace, 2003. Magma degassing and basaltic eruption styles: a case study of ~2000 year BP Xitle volcano in central Mexico. J. Volcanol. Geotherm. Res. 120:249-270.

Díaz, M.A.G. 1961. *Contribución al conocimiento de la herpetología del Pedregal de San Ángel*. Tesis de Licenciatura, UNAM, México.

Martínez-Méndez, N. y F.R. Méndez-de la Cruz. 2007. Molecular phylogeny of the *Sceloporus torquatus* species-group (Squamata: Phrynosamatidae). *Zootaxa* 1609: 53-68.

Méndez-de la Cruz F.R., O. Flores-Villela, V.H. Jiménez-Arcos, *et al*. 2006. Inventario biológico del área de la Reserva territorial suroriente. Informe técnico. UNAM, México.

Méndez-de la Cruz F.R., J.J. Zúñiga-Vega, A.H. Díaz de la Vega-Pérez, *et al*. 2007. Herpetofauna de la Reserva del Pedregal de San Ángel: Cantera Oriente. Pp. 203-219. En: *Caracterización ambiental e inventario biológico de la Cantera Oriente*. A. Lot (ed.). Reserva del Pedregal de San Ángel. UNAM, México.

Méndez-de la Cruz F.R., A.H. Díaz de la Vega-Pérez y V.H. Jiménez Arcos. 2009. Herpetofauna. Pp. 243-260. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Rzedowski, J. 1994. Vegetación del Pedregal de San Ángel. Pp. 9-66. En: *Reserva ecológica El Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*. A. Rojo (comp.). UNAM, México.

Sánchez-Herrera, O. 1980. Herpetofauna of the Pedregal de San Ángel, D.F., México. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 16:9-18.

Schmitter, E. 1953. Investigación petrológica en las lavas del Pedregal de San Ángel. Pp. 107-122. En: *Reserva ecológica El Pedregal de San Ángel: ecología, historia natural y manejo*. A. Rojo (comp.). UNAM, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2019 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

SEREPSA. Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. 2008. *Manual de Procedimientos. Programa de Adopción de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel*. SEREPSA/Coordinación de la Investigación Científica, UNAM, México.

Sinervo, B., F.R. Méndez-de la Cruz, D.B. Miles, *et al*. 2010. Erosion of Lizard Diversity by Climate Change and Altered Thermal Niches. *Science* 328:894-899.

Aves

Alejandro Meléndez Herrada
Héctor Gómez de Silva
Rubén Ortega Álvarez

Introducción

Las aves son animales vertebrados que se caracterizan por presentar plumas y picos. Tienen la capacidad de volar ya que poseen estructuras corporales peculiares como las plumas, huesos huecos, sacos aéreos y un único ovario funcional (Navarro y Benítez 1995). Tienen un metabolismo acelerado, lo que las obliga a regular su temperatura por medio de la respiración y el control de su aire circundante variando el ángulo de las plumas con respecto al cuerpo, por ejemplo: en los días fríos separan las plumas del cuerpo creando una capa de aire que los aísla del exterior, sin embargo su calor corporal les permite estar activas aún a bajas temperaturas (De Juana 1992).

Este grupo vive en una amplia variedad de condiciones ambientales y explotan diferentes recursos alimenticios como néctar, frutos, semillas, invertebrados, carne y carroña; por lo que han desarrollado diversas formas y tamaños de picos. Las vocalizaciones que emiten, el plumaje, los picos y otras partes corporales son características de cada especie, pero a veces varían de acuerdo con la edad, el sexo y la condición reproductiva. Las crías nacen de huevos (ovíparas) y reciben cuidado parental hasta que pueden valerse por sí mismas. La migración en las aves aumenta la riqueza de especies en sus sitios de residencia invernal, lo que hace más complejas las relaciones estructurales y funcionales de la comunidad durante el invierno (Proctor y Linch 1993, Navarro y Benítez 1995).

Diversidad

En el mundo se reconocen 9 917 especies de aves y alrededor de 1 100 habitan en México (AOU 2010, WWF 2010). En la Ciudad de México hay una alta diversidad de aves silvestres que habitan una gran variedad de ambientes, que van más allá de los urbanos. La investigación de la diversidad ornitológica de la ciudad repuntó a partir de la década de 1970. Entre la información generada en los ambientes montanos del sur de la capital se tienen los trabajos de Ramos (1974), Cabrera (1995), Cabrera-García y Meléndez-Herrada (1999), Cruz-Sánchez (2002) y Arenas (2004). En los humedales que aún persisten en el sureste, destacan las investigaciones de Hernández-Rivera y Meléndez-Herrada (1985), Meléndez-Herrada y Binnqüist (1997) y Meléndez-Herrada (2005, 2006). Dentro de la zona urbana, están los estudios de Nocedal (1984, 1987), Ramírez-Bastida (2000), Varona-Graniel (2001), Ortega-Álvarez (2008) y Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors (2010).

En la lista anotada de Wilson y Ceballos-Lascuráin (1993) se reúne un total de 320 especies de aves para la entidad; sin embargo, actualmente se extienden a 355 (apéndice 47), pertenecientes a 20 órdenes, 62 familias y 215 géneros. De esta manera, en la ciudad se encuentra 32% de todas las especies de aves del país, pero en una superficie que sólo

Meléndez-Herrada, A., H. Gómez de Silva y R. Ortega-Álvarez. 2016. Aves. En: *La biodiversidad en la Ciudad de Mexico*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.404-413.

representa 0.1% (1 485 km²) del territorio nacional (INEGI 2010).

Las familias representadas por un mayor número de especies son Parulidae (11.2%), Tyrannidae (8.4%), Emberizidae (6.4%), Anatidae (5.6%) y Scolopacidae (5.3%), mientras que el resto de las familias tienen una representación baja (Meléndez Herrada *et al.* datos no publicados, cuadro 1).

La riqueza de aves (número de especies) en la entidad se ha analizado a partir de dos aspectos: los ambientes asociados y el estatus de residencia de las especies. En cuanto a los ambientes, se reporta que 264 especies (74.3%) habitan ambientes terrestres y 91 (25.6%) presentan estricta dependencia a los hábitats acuáticos. De acuerdo con el estatus de residencia, se considera que 137 especies (38.5%) anidan en México (Meléndez Herrada *et al.* datos no publicados); aunque de la mayoría no se conocen con precisión los sucesos reproductivos dentro de la ciudad (Meléndez Herrada 2005). Por ejemplo, hay evidencias de anidación, aparentemente inusuales, del zambullidor orejudo (*Podiceps nigricollis*), del charrán pico grueso (*Gelochelidon nilotica*) y de la garza blanca (*Ardea alba*); lo que muestra la necesidad de conocer a fondo el proceso de anidación de las especies de aves en la entidad (Wilson *et al.* 1988, Gómez de Silva *et al.* 2006). Las 218 especies restantes se reparten en las estaciones del año como visitantes, destacando 85 de invierno, 22 pasajeras y seis que se encuentran a lo largo del año pero que no se reproducen en la entidad (Meléndez Herrada *et al.* datos no publicados).

En la Ciudad de México, 271 especies (76.3%) conforman la avifauna de manera relativamente consistente, de las cuales 145 son las más abundantes y 126 se consideran raras (Meléndez Herrada *et al.* datos no publicados). Además se reconoce un grupo de 84 especies (23.6%) que cuenta con registros únicos o muy escasos, por lo que sus estatus de residencia son imprecisos.

Es de particular interés denotar que 19 especies (5.3%) de la ciudad son endémicas de México (González-García y Gómez de Silva 2003); entre ellas la matraca barrada (*Campylorhynchus megalopterus*), endémica de la Faja Volcánica Transmexicana, y el carpintero de Strickland (*Picoides stricklandi*), propio de las montañas de la cuenca de México. Aunque hay registros del gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*, figura 1) en el Estado de México, Jalisco, Morelos y Durango, se sabe que éste se encuentra prácticamente restringido a la Ciudad de México (Oliveras de Ita y Gómez de Silva 2002, Oliveras de Ita y Rojas Soto 2006).



Figura 1. Gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*), Milpa Alta. Foto: Manuel Grosselet y Georgita Ruiz.

Cuadro 1. Relación taxonómica y representatividad de las familias de aves.

Familias	Nombres comunes	Géneros	Especies	% de especies
Anatidae	Patos, gansos y cisnes	9	20	5.6
Odontophoridae	Codornices	2	2	0.6
Gaviidae	Colimbos	1	1	0.3
Podicipedidae	Zambullidores	4	4	1.1
Fregatidae	Fragatas	1	1	0.3
Phalacrocoracidae	Cormoranes	1	1	0.3
Anhingidae	Anhingas	1	1	0.3
Pelecanidae	Pelícanos	1	2	0.6
Ardeidae	Garzas	8	11	3.1
Threskiornithidae	Ibises y espátulas	2	2	0.6
Cathartidae	Zopilotes	2	2	0.6
Pandionidae	Gavilán pescador	1	1	0.3
Accipitridae	Gavilanes y milanos	6	14	3.9
Rallidae	Rascones, polluelas, gallinetas y gallaretas	5	6	1.7
Charadriidae	Chorlos	2	6	1.7
Recurvirostridae	Candeleros y avocetas	2	2	0.6
Jacanidae	Jacanas	1	1	0.3
Scolopacidae	Playeros y especies afines	10	19	5.4
Laridae	Gaviotas y charranes	10	12	3.4
Columbidae	Palomas y tórtolas	3	5	1.4
Cuculidae	Cuclillos, correcaminos y garrapateros	3	4	1.1
Tytonidae	Lechuzas	1	1	0.3
Strigidae	Búhos y tecolotes	7	9	2.5
Caprimulgidae	Chotacabras y tapacaminos	2	3	0.8
Apodidae	Vencejos	4	5	1.4
Trochilidae	Colibries	12	16	4.5
Trogonidae	Trogones	1	1	0.3
Alcedinidae	Martín-pescador	1	1	0.3
Picidae	Carpinteros	4	7	2.0
Falconidae	Caracarás, halcones y cernícalos	2	4	1.1
Psittacidae	Loros y pericos	1	1	0.3
Grallariidae	Hormigueros-cholinos	1	1	0.3
Furnariidae	Trepatroncos	1	1	0.3
Tyrannidae	Mosqueros y papamoscas	12	30	8.5
Tityridae	Titiras y cabezones	1	1	0.3
Laniidae	Alcaudones	1	1	0.3
Vireonidae	Vireos	2	7	2.0
Corvidae	Charas y cuervos	3	4	1.1
Alaudidae	Alondras	1	1	0.3
Hirundinidae	Golondrinas	5	6	1.7
Paridae	Carboneros	1	1	0.3
Aegithalidae	Sastrecillos	1	1	0.3
Sittidae	Sitas	1	2	0.6
Certhiidae	Trepadores	1	1	0.3
Troglodytidae	Matracas y chivirines	6	7	2.0
Polioptilidae	Perlitas	1	1	0.3

Cuadro 1. Continuación.

Familias	Nombres comunes	Géneros	Especies	% de especies
Cinclidae	Mirlos-acuáticos	1	1	0.3
Regulidae	Reyezuelos	1	2	0.6
Turdidae	Azulejos, zorzales y mirlos	5	12	3.4
Mimidae	Centzontles y cuitlacoches	3	4	1.1
Sturnidae	Estorninos	1	1	0.3
Motacillidae	Bisbitas	1	2	0.6
Bombycillidae	Ampelis chinito	1	1	0.3
Ptilogonatidae	Capulineros	2	2	0.6
Peucedramidae	Ocoteros	1	1	0.3
Parulidae	Chipes	13	40	11.3
Thraupidae	Semilleros, tángaras y especies afines	3	3	0.8
Emberizidae	Gorriones y especies afines	15	20	5.6
Cardinalidae	Tángaras, cardenales, picogordos y colorines	5	13	3.7
Icteridae	Tordos, zanates y bolseros	7	14	3.9
Fringillidae	Pinzones y jilgueros	5	8	2.3
Passeridae	Gorriones del viejo mundo	1	1	0.3
62 familias		215	355	100

Fuente: Meléndez Herrada *et al.* datos no publicados.

Distribución

Las especies de aves registradas en la ciudad se ubican en las seis regiones delimitadas en esta obra (cuadro 2, apéndice 47). La región con mayor riqueza ornitológica son los Humedales de Xochimilco y Tláhuac y sus zonas de influencia, con 229 especies (64.5%). Particularmente, 89 especies de aves acuáticas (25.0%) dependen estrictamente de estos humedales. En este grupo se ubican diversas especies de la familia de los patos (20); garzas (11), figura 2; chorlos (6) y playeros (19), figura 3; entre otras aves acuáticas, incluyendo algunas características de las costas (18), como los pelícanos (figura 4). También se considera que el gavilán pescador (*Pandion haliaetus*) y el martín pescador norteño (*Megaceryle alcyon*) dependen de estos ambientes por sus hábitos piscívoros (cuadro 2).

La región de Bosques y Cañadas es uno de los ambientes terrestres más rico en especies de aves en la ciudad, ya que se registra 58.0% del total de especies. Las cañadas, al estar asociadas a ríos y arroyos, exhiben características microambientales particulares que ofrecen sitios para el desplazamiento, descanso y alimentación a distintas especies de aves (McCormack 2010). Si bien, difícilmente se puede hablar de especies únicas de cañadas, algunas aves de hábitos especializados son más abundantes en estos sitios, como el mirlo acuático norteamericano (*Cinclus mexicanus*) y el trogón mexicano (*Trogon mexicanus*), por lo que la conservación de estos hábitats es muy importante (Ross *et al.* 2004, Thorn 2007).

En la región Parques y Jardines Urbanos el número de especies es significativo ya que reúne 47.6% del total registrado de la ciudad. Sin embargo, es pertinente aclarar que en esta categoría se consideran al bosque de Tlalpan, al jardín botánico de la UNAM y al Pedregal de San Ángel, que debido a su ubicación son objeto de las presiones antropogénicas. Los parques dentro de la ciudad, como Chapultepec y Aragón, son islas de vegetación que ofrecen condiciones favorables para las aves, pero que no han sido estudiados de manera sistemática.



Figura 2. Garceta (*Egretta thula*). Foto: Rubén Ortega-Álvarez.

Figura 3. Avoceta americana (*Recurvirostra americana*). Foto: Rubén Ortega-Álvarez.



Figura 4. Pelícano (*Pelecanus erythrorhynchos*). Foto: Manuel Grosselet.

Cuadro 2. Riqueza específica de aves de acuerdo con las regiones delimitadas de la Ciudad de México.

	Regiones					
	Sierra de Guadalupe	Sierra de Santa Catarina	Humedales de Xochimilco y Tláhuac	Serranías de Xochimilco y Milpa Alta	Bosques y Cañadas	Parques y Jardines Urbanos
Total de especies	64	81	229	145	206	169
%	18.0	22.8	64.5	40.8	58.0	47.6

Fuente: Elaborado por los autores con la información descrita en el texto.

Romero y colaboradores (2002) realizaron algunas aproximaciones sobre la riqueza de aves en áreas que corresponden a las regiones Sierra de Santa Catarina, Sierra de Guadalupe, así como Serranías de Xochimilco y Milpa Alta (cuadro 2). No obstante, se considera que la riqueza de especies en estos sitios puede ser mayor que la estimada por estos autores (26.7% del total registrado para la capital). De esta forma, es necesaria una investigación profunda y sistemática en estas tres regiones para revelar la situación real de sus diversidades ornitológicas.

Importancia

La importancia ecológica principal de las aves radica en la función que desempeña cada una de las especies en la red alimenticia (Sekercioglu 2006). Por ejemplo, las aves rapaces consumen gran cantidad de roedores; las insectívoras controlan a las poblaciones de invertebrados que habitan en el suelo, en el follaje de las plantas o en el aire; las granívoras consumen múltiples variedades de semillas; las frugívoras pueden dispersar semillas contenidas en los frutos de los que se alimentan y las nectarívoras ayudan a la polinización. Algunas especies, tales como el zanate (*Quiscalus mexicanus*) y los tordos (*Molothrus ater, M. aeneus*) son consideradas plaga por sus hábitos alimenticios, ya que en su dieta incluyen plantas de importancia comercial (del Villar 1999). Sin embargo, en ciertos momentos consumen gran cantidad de invertebrados y semillas de plantas que podrían convertirse en plagas, lo que hace controversial su control o exterminio (Johnson y Peer 2001, Ellison y Lowther 2009).

Algunas especies introducidas, como la paloma doméstica (*Columba livia*), el estornino (*Sturnus vulgaris*), el gorrión doméstico (*Passer domesticus*), la garza ganadera (*Bubulcus ibis*) y, muy recientemente, el periquito monje (*Myiopsitta monachus*) tienen poblaciones establecidas en la ciudad. Estas especies son muy exitosas y compiten con las especies nativas, ocasionando disminuciones en el tamaño de sus poblaciones, por lo que representan un amenaza para la biodiversidad de las zonas que invaden (Álvarez Romero *et al.* 2008).

El aprovechamiento económico de las aves silvestres en la ciudad es escaso y difícil de estimar. Ocasionalmente son incluidas como parte de recorridos turísticos para su avistamiento. Aunque no está permitido su aprovechamiento extractivo (SEMARNAT 2001), existen indicios de que se realizan actividades cinegéticas y capturas en la región de Humedales de Xochimilco y Tláhuac y en los bosques montanos, para su venta como aves de jaula (observación personal de los autores). Es pertinente aclarar que 42 especies (11.8%) de las registradas están consideradas como canoras y de ornato (SEMARNAT 2001).

Las aves estuvieron ligadas a las culturas prehispánicas que se establecieron en la cuenca de México, ya que fueron utilizadas como recursos alimenticios, comerciales, medicinales, artísticos, religiosos, mitológicos, indumentarios, ornamentales y de entretenimiento (Corona-

Martínez 2002). Sin embargo, en la actualidad hay un fuerte distanciamiento entre la población humana y este grupo animal debido al desconocimiento, el desinterés y la sustitución de valores entre los habitantes de la ciudad.

Conservación

Para conservar a las diferentes especies de aves es fundamental conocer la situación de riesgo en que se encuentran. Del total de aves de la entidad, 32 especies (9%) están bajo alguna categoría de riesgo de acuerdo a la NOM 059 (SEMARNAT 2010), siendo el gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*) la única especie en peligro de extinción. Como amenazadas están la subespecie de pato mexicano (*Anas platyrhynchos diazi*), el avetoro norteño (*Botaurus lentiginosus*), el colibrí cola pinta (*Tilmatura dupontii*), el hormiguero cholino escamoso (*Grallaria guatimalensis*) y el zorzal de Frantzius (*Catharus frantzii*), además de otras cinco especies. Las 21 especies restantes se encuentran sujetas a protección especial (apéndice 47). Con base en la lista roja de la UICN (2010), sólo se reportan cinco especies en riesgo: el gorrión serrano en la categoría de en peligro, la bisbita llanera (*Anthus spragueii*) como vulnerable y en la categoría de casi amenazada el pibí boreal (*Contopus cooperi*), el vireo de Bell (*Vireo bellii*) y el colorín sietecolores (*Passerina ciris*).

Más allá de la protección de las aves en la ciudad a nivel específico, es necesaria la conservación y restauración de sus hábitats. Particularmente para la conservación de las aves acuáticas, destaca el Sistema Lacustre Ejidos de Xochimilco y San Gregorio Atlapulco como sitio Ramsar (2010) y el humedal de Tláhuac como Área de Importancia para la Conservación de las Aves (AICAS) (Arizmendi y Márquez Valdelamar 2000). Otras dos AICAS se ubican en las montañas al sur de la capital (la cima y montañas del sur del valle de México).

Amenazas

Las amenazas para la supervivencia de las aves silvestres en la entidad se pueden diferenciar entre las presiones hacia sus hábitats y las derivadas de su uso directo. La destrucción del hábitat es la más alarmante, debido a que implica el riesgo de perder simultáneamente un cúmulo de especies. El cambio radical de las condiciones ambientales originales debido a los disturbios asociados al desarrollo urbano, amenazan no sólo a las especies que se encuentran dentro de la ciudad, sino también aquellas presentes en hábitats naturales aledaños.

Los humedales de la ciudad son particularmente vulnerables y su pérdida significaría la extinción local (extirpación) de las 90 especies restringidas a esos ambientes acuáticos (Ramírez-Bastida 2000, Meléndez-Herrada 2005). En las montañas del sur de la cuenca de México, la continua deforestación y el cambio de uso de suelo pone en riesgo a cerca de 211 especies (Cabrera-García y Meléndez-Herrada 1999).

Otra amenaza que sufre este grupo es el daño producido por las actividades cinegéticas y la captura ilegal en la ciudad. Aunque esto ha sido difícil de estimar, las evidencias físicas (observación directa de cazadores, ejemplares muertos por escopeta, restos de cartuchos) y la información proporcionada por los pobladores, ponen en evidencia que la cacería es un riesgo para varias especies de aves acuáticas, principalmente patos, y en los bosques de las montañas, para la codorniz coluda neovolcánica (*Dendrortyx macroura*), también conocida como gallina de monte. Por otro lado, la captura de aves para utilizarlas como animales de ornato, amenaza la preservación de ciertas poblaciones, principalmente de especies del orden Passeriformes (observación personal de los autores).

El cambio climático es otra de las amenazas existentes para las aves de cualquier hábitat acuático o terrestre (North American Bird Conservation Initiative 2010). Si bien no hay

estudios que lo documenten, son de esperarse efectos sobre las aves de la Ciudad de México. Sería muy importante realizar estudios para evaluar efectos del cambio climático sobre la avifauna, como la reducción del hábitat y de los recursos.

Conclusión y recomendaciones

La protección y restauración de los hábitats, dentro y fuera de la zona urbana de la ciudad, podrán brindar zonas seguras para la avifauna. Las barrancas serían particularmente importantes como refugios y corredores que faciliten la dispersión de las aves. Si bien dentro de la zona urbana las aves exhiben una riqueza de especies importante debido a la presencia de parques urbanos, es necesario fomentar el registro de las aves que utilizan otro tipo de áreas verdes tales como jardines, camellones, terrenos baldíos y cementerios, ya que estos hábitats también son importantes para diferentes especies (Goddard *et al.* 2009, Vallejo *et al.* 2009).

En la Agenda Ambiental de la Ciudad de México 2007-2012, se programó la declaración de un total de 33 áreas nuevas de valor ambiental. De concretarse acciones como éstas, las aves contarán con la protección de hábitats vitales para su supervivencia.

La conservación de las aves de la Ciudad de México y la preservación de su entorno ofrecen un panorama amplio de beneficios y oportunidades para el ser humano. Las diferentes especies de aves son atractivas para diversos campos de investigación científica, representan elementos excelentes para la implementación de programas de educación ambiental y podrían ser utilizadas como uno de los principales atractivos naturales para el desarrollo de actividades ecoturísticas en la ciudad, tal y como ocurre en otros países del mundo.

Si bien en los últimos años se han implementado valiosos esfuerzos orientados a proteger a las aves silvestres en la entidad, se requiere de una mayor difusión, apoyo y reconocimiento de dichas actividades, con la finalidad de fomentar su continuidad y promover la creación de nuevas estrategias que busquen la conservación de las aves y el bienestar humano en la región.

Referencias

Álvarez Romero, J.R., A. Medellín, A. Oliveras de Ita *et al.* 2008. *Animales exóticos en México: una amenaza para la biodiversidad*. CONABIO/UNAM/SEMARNAT. México.

AOU. American Ornithologist's Union. 2010. Check-list of North American Birds. En: <*http://www.aou.org/checklist/north/full.php*>, última consulta: noviembre de 2010.

Arenas, S. 2004. *Distribución y fenología de la avifauna del Ajusco Medio y del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal, México*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Arizmendi, M. del C. y L. Márquez Valdelamar. 2000. *Áreas de importancia para la conservación de las aves en México*. CONABIO. México.

Cabrera, L. 1995. *Ecología comparativa de dos comunidades de aves en un bosque templado del Ajusco Medio, Distrito Federal*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Cabrera-García, L. y A. Meléndez-Herrada. 1999. Las aves de la región de montaña del sur de la cuenca de México. Pp. 109-137. En: *Biodiversidad del sur de la cuenca de México*. A. Velásquez y F. J. Romero (eds.). UAM-Xochimilco/GDF. México.

Corona-Martínez, E. 2002. *Las aves en la historia natural novohispana*. INAH, Colección Científica. México.

Cruz-Sánchez, J.A. 2002. *Avifauna del Parque Urbano Bosque de Tlalpan, D.F., México*. Tesis de Licenciatura. ENEP- Iztacala, UNAM. México.

De Juana, E. 1992. Class Aves (Birds). Pp 36-73. En: *Handbook of the Birds of the World*. Vol. 1. J. del Hoyo, A. Elliott y J. Sargatal. Barcelona.

Del Villar, D. 1999. *Técnicas para el control de aves plaga*. SAGARPA. México.

Ellison, K. y P.E. Lowther. 2009. Bronzed Cowbird (*Molothrus aeneus*).The Birds of North America Online. A. Poole (ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. En: <*http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/144.*>

Goddard, M.A., A.J. Dougill y T.G. Benton. 2009. Scaling up from gardens: biodiversity conservation in urban environments. *Trends in Ecology and Evolution* 25:90-98.

Gómez de Silva, H., M. Grosselet, A. Meléndez Herrada y R.G. Wilson. 2006. Records of Sternini from the Valley of Mexico. *Cotinga* 26:60-62.

González-García, F. y H. Gómez de Silva G. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. Pp. 150-194. En: *Conservación de aves: experiencias en México*. H. Gómez de Silva y A. Olivares de Ita (eds.). La Sociedad para el Estudio y Conservación de las Aves en México A.C. México.

Hernández Rivera, C.A. y A. Meléndez Herrada. 1985. *La riqueza de aves de Xochimilco*. UAM- Xochimilco, División de Ciencias Biológicas y de la Salud. México.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística y Geografía. 2010. Información nacional, por entidad federativa y municipios: Distrito Federal. En: <*http://www.inegi.org.mx/sistemas/mexicocifras/default.aspx?ent=09*>, última consulta: diciembre de 2010.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2010. List of Threatened Species. En: <*www.iucnredlist.org*>, última consulta: noviembre de 2010.

Johnson, K. y B.D. Peer. 2001. Great-tailed Grackle (*Quiscalus mexicanus*).The Birds of North America Online. A. Poole (ed.). Ithaca: Cornell Lab of Ornithology. En: <*http://bna.birds.cornell.edu/bna/species/576*>.

McCormack, J. 2010. *Ravines and birds: global connections*. Ravinia Spring-Summer: 1,3.

Meléndez-Herrada, A. 2005. Avifauna de Xochimilco. Capítulo III. En: Proyecto UNESCO-Xochimilco (Comité Académico Ambiental). Ref. 912/ MEX / 3001. GDF en Xochimilco/ UNESCO. México.

——. 2006. Humedales en el centro de México: Humedal de Tláhuac. En: <*http://www.dumac.org/dumac/habitat/esp/notas/notas_diciembre/tlahuac1.htm*>, última consulta: 16 de mayo de 2016.

Meléndez Herrada, A. y G.S.C. Binnqüist. 1997. Comunidad ornitológica. Pp. 71- 86. En: *Ecología del humedal de San Pedro Tláhuac: un sistema lacustre del valle de México*. M.T. Barreiro-Güemes, R. Sánchez-Trejo, A. Aguirre León y L.A. Ayala-Pérez (comps.). UAM-X, México.

Navarro, A. y H. Benítez. 1995. *El dominio del aire*. FCE. México.

Nocedal, J. 1984. Estructura y utilización del follaje de las comunidades de pájaros en bosques templados de la cuenca de México. *Acta Zoológica Mexicana* 6:1-37.

——. 1987. Las comunidades de aves y su relación con la urbanización en la ciudad de México. Pp 73-109. En: *Aportes a la ecología urbana de la ciudad de México*. E.H. Rappoport e I. López-Moreno (eds.). Limusa/Instituto de Ecología. México.

North American Bird Conservation Initiative. U.S. Committee. 2010. *The state of the birds 2010 report on climate change*. United States of America. U.S. Department of the Interior. Washington, D.C.

Oliveras de Ita, A. y H. Gómez de Silva. 2002. Nueva localidad para el gorrión serrano (Xenospiza baileyi). *Ornitología* Neotropical 13:203-204.

Oliveras de Ita, A. y O.R. Rojas-Soto. 2006. A survey for the Sierra Madre Sparrow (*Xenospiza baileyi*), with its rediscovery in the state of Durango, Mexico. *Bird Conservation International* 16:25-32.

Ortega-Álvarez, R. 2008. *Efectos del tipo de uso de suelo urbano sobre la diversidad, estructura y composición de las comunidades de aves del suroeste de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. Tesis de Licenciatura, Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Ortega-Álvarez, R. e I. MacGregor-Fors. 2010. What matters most? Relative effect of urban habitat traits and hazards on urban park birds. *Ornitologia Neotropical* 21:519-533.

Proctor, N.S. y P.J. Linch. 1993. *Manual of Ornithology: Avian structure and function*. Yale University.

Ramírez-Bastida, P. 2000. *Avifauna de humedales en zonas urbanas del noroeste de la Ciudad de México*. Tesis de Maestría, Facultad de Ciencias. UNAM. México.

Ramos, M.A. 1974. *Estudio ecológico de las aves del Pedregal de San Ángel, Distrito Federal*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Ramsar. The Ramsar Convention on Wetlands. 2010. The Annotated Ramsar List: Mexico. En: <*http://www.ramsar.org/cda/es/ramsar-pubs-annolist-annotated-ramsar-16517/main/ramsar/1-30-168%5E16517_4000_2*>, última consulta: diciembre de 2010.

Romero, F.J., M. Palma, A. Meléndez H. *et al*. 2002. Recuperación ecológica de las áreas naturales protegidas Sierra de Guadalupe y Sierra de Santa Catarina. Informe final, convenio Comisión de Recursos Naturales/Banco Interamericano de Desarrollo/UAM-Xochimilco, México.

Ross, R.M., L.A. Redell, R.M. Bennett y J.A. Young. 2004. Mesohabitat use of threatened hemlock forests by breeding birds of the Delaware River basin in north eastern United States. *Natural Areas Journal* 24:307-315.

SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2001. *Guía técnica de identificación de aves canoras y de ornato autorizadas por la SEMARNAT para su aprovechamiento*. SEMARNAT. México.

——. 2010. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-059. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sekercioglu, C.H. 2006. Ecological significance of bird populations. Pp. 15-51. En: *Handbook of the Birds of the World*. Volumen 11. J. del Hoyo, A. Elliott y D. Christie (eds.). Barcelona.

Thorn, R. 2007. Birdlife of Greater Columbus area ravines. *Ravinia Fall* 2006-Winter 2007:1,4-6.

Vallejo, B.M., A.B. Aloy y P.S. Ong. 2009. The distribution, abundance, and diversity of birds in Manila's last greenspaces. *Landscape and Urban Planning* 89:75-85.

Varona-Graniel, D.E. 2001. *Avifauna de áreas verdes urbanas del norte de la Ciudad de México*. Tesis de Maestría en Ciencias. División de Estudios de Posgrado, Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Wilson, R.G. y H. Ceballos-Lascuráin. 1993. *The birds of Mexico City*. British Broadcasting Corporation Printing and Graphics Ltd. Burlington, Ontario, Canadá.

Wilson R.G., C. Hernández Rivera y A. Meléndez Herrada. 1988. Eared Grebes nesting in the Valley of Mexico. *American Birds* 42:29.

WWF. World Wide Fund For Nature. 2010. Evaluación de especies mexicanas. En: <*http://wwf.org.mx/wwfmex/especies4.php*>, última consulta diciembre de 2010.

Estudio de caso

Ecología urbana y aves: ¿qué sabemos y para qué sirve?

Rubén Ortega Álvarez

En las últimas décadas, la expansión de las zonas urbanas a nivel mundial ha puesto en riesgo la conservación de la biodiversidad y la calidad de vida de la población humana (Marzluff *et al.* 2001). Dicha problemática no es ajena a la Ciudad de México, ya que, a pesar de que es una entidad federativa importante biológicamente (Flores y Geréz 1994), la conservación de sus recursos naturales es difícil debido al creciente desarrollo urbano que ocurre dentro de su territorio. Por un lado, se debe buscar la preservación de una gran variedad de especies de flora y fauna silvestres, y por el otro, se necesita procurar la calidad de vida de un gran número de habitantes dentro de la zona urbana.

El estudio de los patrones y procesos ecológicos en asentamientos humanos brinda resultados que permiten la comprensión de los ecosistemas urbanos y la generación de propuestas de manejo del paisaje urbano con el fin de incrementar su valor ecológico (MacGregor-Fors *et al.* 2009). En el país, el número de estudios de ecología urbana se ha incrementado en la última década. Particularmente en la zona sur de la Ciudad de México se han realizado algunos trabajos utilizando a las aves como grupo de estudio, cuyo propósito era responder preguntas ecológicas específicas dentro del área urbana, tales como: 1) ¿cuál es el efecto del tipo de uso de suelo urbano sobre las comunidades de aves terrestres? (Nocedal 1987, Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2009); 2) ¿cómo determinan las actividades humanas, la infraestructura urbana y las características de los parques urbanos el número de especies e individuos de aves? (Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2010, MacGregor-Fors y Ortega-Álvarez 2011, Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2011), y 3) ¿qué efecto ejerce la presencia de bebederos artificiales sobre la abundancia de colibríes y la producción de semillas de plantas nativas? (Arizmendi *et al.* 2007, 2008).

De manera general, en estos estudios se encontró que: 1) la riqueza (número de especies) de aves es mayor en áreas verdes (Nocedal 1987, Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2009); 2) la abundancia (número de individuos) de algunas especies de aves se incrementa en áreas con mayor desarrollo urbano (áreas comerciales), como es el caso de la paloma doméstica (*Columba livia*) y el gorrión doméstico (*Passer domesticus*) (figura 1) (Nocedal 1987, Ortega-Álvarez 2008), dos especies exóticas que presentan elevados tamaños poblacionales en estos sitios; 3) la presencia de bebederos artificiales incrementa la actividad y abundancia de colibríes, pero contribuye a la reducción en la producción de semillas de plantas nativas en áreas suburbanas y periurbanas (Arizmendi *et al.* 2007, 2008); 4) la vegetación, la infraestructura urbana y el número de depredadores domésticos (gatos y perros) determinan en gran medida la abundancia de

Ortega-Álvarez, R. 2016. Ecología urbana y aves: ¿qué sabemos y para qué sirve?. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.414-417.

distintas especies de aves dentro de los parques urbanos, como en el caso de la tórtola cola larga (*Columbina inca*, figura 2), del gorrión mexicano (*Haemorhous mexicanus*, figura 3) y del chivirín cola oscura (*Thryomanes bewickii*) (Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2010); 5) las relaciones entre las características de los parques urbanos y la abundancia de las aves varía entre especies, por ejemplo, la abundancia del picogordo tigrillo (*Pheucticus melanocephalus*) está ampliamente influida por las propiedades de la vegetación, mientras que la infraestructura urbana determina en gran medida la abundancia del sastrecillo (*Psaltriparus minimus*) (Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2010); 6) la abundancia del gorrión doméstico (*P. domesticus*, figura 1) se relaciona con distintas variables del hábitat dependiendo del tipo de uso de suelo urbano, destacando aquellas variables asociadas con la actividad humana y el componente vegetal (Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2011); 7) las grandes ciudades pueden causar efectos negativos de aislamiento sobre las comunidades de aves, de tal forma que los parques urbanos localizados en el interior de la ciudad exhiben comunidades de aves pobres en especies (MacGregor-Fors y Ortega-Álvarez 2011).

Con la finalidad de brindar elementos para el mejoramiento de las características ambientales de la ciudad, estos estudios generaron recomendaciones encaminadas a incrementar la diversidad de aves dentro de la zona urbana y mejorar la calidad de vida de los habitantes de la ciudad (cuadro 1). Si bien estas recomendaciones son de gran utilidad, es necesario realizar más estudios que permitan incrementar el conocimiento sobre las aves urbanas en esta entidad y llevar a cabo acciones que incidan de forma positiva sobre la



Figura 1. Gorrión doméstico (*Passer domesticus*). Foto: Rubén Ortega-Álvarez.



Figura 2. Tórtola colalarga (*Columbina inca*). Foto: Rubén Ortega-Álvarez.



Figura 3. Gorrión mexicano (*Haemorhous mexicanus*). Foto: Rubén Ortega-Álvarez.

Cuadro 1. Recomendaciones de manejo y planeación urbana generadas por estudios de ecología, para incrementar la diversidad de aves y mejorar la calidad de vida de los habitantes de la Ciudad de México.

Recomendaciones	Referencia
Incrementar el número de áreas verdes dentro de la zona urbana.	Nocedal 1987, Ortega-Álvarez 2008
Regular los cambios de uso de suelo.	Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2009
Fomentar el uso de plantas nativas en los jardines.	Arizmendi *et al.* 2007, 2008
Crear cinturones verdes en la periferia e interior de la ciudad.	MacGregor-Fors y Ortega-Álvarez 2011
Considerar variables locales y de paisaje al manejar parques urbanos.	MacGregor-Fors y Ortega-Álvarez 2011
Mantener parques urbanos con características de hábitat heterogéneas, para favorecer a distintas especies de aves nativas.	Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2010
Incrementar la vegetación urbana más allá de las áreas verdes.	Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2009
Establecer programas de monitoreo de aves dentro de la ciudad.	Ortega-Álvarez 2008
Generar programas de control de especies de aves exóticas.	Ortega-Álvarez y MacGregor-Fors 2010, 2011

Fuente: Elaborado con la información incluida.

calidad ambiental de la misma. Asimismo, es necesario fomentar la participación conjunta entre la sociedad, las instituciones gubernamentales y las científicas con el propósito de implementar con éxito las actividades de planeación y manejo urbano. La consolidación en la generación y ejecución de dichas actividades será fundamental para el futuro de la Ciudad de México, ya que, si bien aún cuenta con una diversidad biológica notable, la continuación en el incremento del desarrollo urbano desordenado que exhibe, podría desplazar de forma irreversible a la biodiversidad que todavía aloja.

Referencias

Arizmendi, M.C., C. Monterrubio-Solís, L. Juárez *et al.* 2007. Effect of the presence of nectar feeders on the breeding success of *Salvia mexicana* and *Salvia fulgens* in a suburban park near Mexico City. *Biological Conservation* 136:155-158.

Arizmendi, M.C., E. López-Saut, C. Monterrubio-Solís *et al.* 2008. Efecto de la presencia de bebederos artificiales sobre la diversidad y abundancia de los colibríes y el éxito reproductivo de dos especies de plantas en un parque suburbano de la Ciudad de México. *Ornitología Neotropical* 19:491-500.

Flores, O. y P. Geréz. 1994. *Biodiversidad y conservación en México: vertebrados, vegetación y uso de suelo*. Ediciones Técnico Científicas, México.

MacGregor-Fors, I., R. Ortega-Álvarez y J.E. Schondube. 2009. On the ecological quality of urban systems: an ornithological perspective. Pp. 51-66. En: *Urban Planning in the 21st Century*. D.S. Graber y K.A. Birmingham (eds.). Nova Science Publishers, Incorporation, Nueva York.

MacGregor-Fors, I. y R. Ortega-Álvarez. 2011. Fading from the forest: bird community shifts related to urban park site-specific and landscape traits. *Urban Forestry and Urban Greening* 10:239-246.

Marzluff, J.M., R. Bowman y R. Donnelly. 2001. A historical perspective on urban bird research: trends, terms, and approaches. Pp. 1-17. En: *Avian conservation and ecology in an urbanizing world*. J.M. Marzluff, R. Bowman y R. Donnely (eds.). Kluwer Academic, Boston, Massachusetts.

Nocedal, J. 1987. Las comunidades de pájaros y su relación con la urbanización en la Ciudad de México. Pp. 73-109. En: *Aportes a la ecología urbana de la Ciudad de México*. E. Rapoport e I. López-Moreno (eds.). Limusa, México.

Ortega-Álvarez, R. 2008. *Efectos del tipo de uso de suelo urbano sobre la diversidad, estructura y composición de las comunidades de aves del suroeste de la Zona Metropolitana de la Ciudad de México*. Tesis de Licenciatura en Biología, Facultad de Ciencias, UNAM. México.

Ortega-Álvarez, R. e I. MacGregor-Fors. 2009. Living in the big city: effects of urban land-use on bird community structure, diversity, and composition. *Landscape and Urban Planning* 90:189-195.

——. 2010. What matters most? Relative effect of urban habitat traits and hazards on urban park birds. *Ornitología Neotropical* 21:519-533.

——. 2011. Conociendo al gorrión casero: variación en la preferencia de hábitat de *Passer domesticus* en diferentes tipos de uso de suelo de la Ciudad de México. *El Canto del Centzontle* 1:15-28.

Estudio de caso

El gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*)

Héctor Gómez de Silva
Adán Oliveras de Ita

En México hay pocas aves que son endémicas de un sólo estado (González-García y Gómez de Silva 2003); sin embargo, pese a que la Ciudad de México es una entidad pequeña, alberga una especie de ave casi exclusiva: el gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*). En el pasado, esta ave se distribuía en varios pastizales de montaña del occidente y centro del país, pero en la actualidad, más de 90% de la población se encuentra en la capital, principalmente en las delegaciones Milpa Alta y Tlalpan (Oliveras de Ita y Gómez de Silva 2007, Rojas-Soto *et al.* 2008).

Al igual que la mayoría de los gorriones (familia Emberizidae), el gorrión serrano es un ave pequeña con pico cónico, que se alimenta de semillas e insectos pequeños que encuentra en el suelo. Vive en los zacatonales subalpinos sin cobertura forestal, debajo de los 3 200 msnm (Oliveras de Ita y Rojas-Soto 2006). Su espalda, alas y cola son de color ladrillo con estrías oscuras; el pecho es blanco, con estrías oscuras a los lados del pecho y en los costados (Howell y Webb 1995) (figura 1). A primera vista es muy parecido al gorrión cantor (*Melospiza melodia*), que es común en las partes urbanas y los humedales de la ciudad, pero el gorrión serrano es más pequeño, con un pico más fino y cola proporcionalmente más corta. El color es menos oscuro en el dorso, alas y cola; las estrías del pecho y los lados de la garganta son más delgadas. En la temporada reproductiva, los machos se posan en las espigas más altas y a veces en los cables de electricidad, desde donde realizan vocalizaciones (obs. pers.).

Esta especie está considerada en peligro de extinción (Oliveras de Ita y Gómez de Silva 2007, SEMARNAT 2010, UICN 2010, BirdLife International 2011) debido a que su hábitat se fragmenta o transforma continuamente por encontrarse en zonas propicias para el cultivo de avena. El gorrión serrano es capaz de alimentarse en estos cultivos, pero el principal problema que amenaza su supervivencia es la falta de sitios para anidar, ya que necesitan de pastizal denso y abierto, el cual está cada vez más reducido. Entre 1989 y 1997, el pastizal donde habita este gorrión se redujo 50% (Oliveras de Ita *et al.* 2003) y no existen cálculos recientes de la extensión del hábitat.

En La Cima, Tlalpan, hay una considerable densidad poblacional de esta especie (Oliveras de Ita *et al.* 2001) con una alta tasa de supervivencia (Oliveras de Ita y Gómez de Silva 2007), lo que parece ocurrir también en Milpa Alta. Estas observaciones sugieren que es difícil que el gorrión serrano se extinga; sin embargo, la presión que se ejerce sobre el pastizal subalpino con fines agropecuarios a lo largo de toda el área de distribución del gorrión, es un factor de riesgo para la permanencia de esta especie.

A pesar de que la distribución del gorrión serrano no se incluye dentro de algún área natural protegida de carácter federal, en el

Gómez de Silva, H. y A. Oliveras de Ita. 2016. El gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.418-420.



Figura 1. Gorrión serrano (*X. baileyi*) en vida silvestre. Foto: Manuel Gorsselet y Georgita Ruíz.

2005 se creó el Área Comunitaria de Conservación Ecológica Milpa Alta, donde se lleva a cabo la protección, restauración del hábitat, educación ambiental y otras estrategias de conservación para ésta y otras especies (Berlanga *et al.* 2009).

Los territorios reproductivos y sitios de anidación de *X. baileyi* es una especie cuyos territorios reproductivos y sitios de anidación están restringidos a pastizales subalpinos libres de árboles, los cuales han sido severamente impactados por el desarrollo de actividades productivas, inclusive por la creación de viveros de árboles de navidad. La especificidad de hábitat que presenta esta especie determina que su conservación dependerá del establecimiento de una estrategia integral de manejo de los remanentes de hábitat en su área actual de distribución. Dicha estrategia deberá incluir, además de la protección de los fragmentos de hábitat con mayor superficie, la restauración de corredores que permitan la conectividad entre ellos, el control de quemas inducidas sobre los pastizales y frenar los programas gubernamentales de reforestación que continuamente se desarrollan sobre pastizales y en donde habita la especie.

Referencias

Berlanga, H., V. Rodríguez, A. Oliveras de Ita *et al.* 2009. Conservación de hábitat y especies: los pastizales de montaña y el gorrión serrano en México. *Biodiversitas* 87:11-15.

BirdLife International. 2011. Species factsheet: *Xenospiza baileyi*. En: <*http://www.birdlife.org/datazone/speciesfactsheet.php?id=8999*>, última consulta: enero de 2011.

González-García, F. y H. Gómez de Silva. 2003. Especies endémicas: riqueza, patrones de distribución y retos para su conservación. Pp. 150-194. En: *Conservación de aves: experiencias en México*. H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (eds.). CIPAMEX/NFWF/CONABIO. México.

Howell, S.N.G. y S. Webb. 1995. *A guide to the birds of Mexico and northern Central America*. Oxford University Press. Oxford.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2010. Red List of Threatened Species.Version 2010.4. En: <*http://www.iucnredlist.org*>, última consulta: 9 de julio de 2011.

Oliveras de Ita, A., H. Gómez de Silva y M. Grosselet. 2001. Population dynamics and natural history of the Sierra Madre Sparrow *Xenospiza baileyi* at La Cima, Mexico. *Cotinga* 15:43-47.

Oliveras de Ita, A., L. Cabrera García, H. Gómez de Silva y M.E. Escamilla Weinmann. 2003. El Gorrión Serrano (*Xenospiza baileyi*). Pp. 165-167 En: *Conservación de aves: experiencias en México*. H. Gómez de Silva y A. Oliveras de Ita (eds.). CIPAMEX/NFWF/CONABIO. México.

Oliveras de Ita, A. y H. Gómez de Silva. 2007. Territoriality and survivorship of the Sierra Madre Sparrow in La Cima, Mexico. *Biodiversity and Conservation* 16:1055-1061.

Oliveras de Ita, A. y O. Rojas-Soto. 2006. A survey for the Sierra Madre Sparrow (*Xenospiza baileyi*), with its rediscovery in the state of Durango, Mexico. *Bird Conservation International* 16:25-32.

Rojas-Soto, O.R., E. Martínez-Meyer, A.G. Navarro-Sigüenza *et al.* 2008. Modeling distributions of disjunct populations of the Sierra Madre Sparrow. *Journal of Field Ornithology* 79:245-253.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT 2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente

Mamíferos

Lázaro Guevara López
Francisco Javier Botello López
Jaime Marcelo Aranda Sánchez

Introducción

Los mamíferos silvestres ocupan un lugar especial en el mundo animal, al menos así lo aprecia el ser humano, quien, finalmente, es un mamífero (Aranda 2000). Estos vertebrados se caracterizan por la presencia de glándulas mamarias productoras de leche para alimentar a las crías, por el desarrollo y la especialización de los dientes y por la presencia de pelo en al menos una etapa de la vida. Estas características han sido claves para su éxito evolutivo, permitiéndoles habitar casi cualquier ecosistema en el planeta (MacDonald 2009, Merritt 2010). La variación en tamaño es amplia, desde las pequeñas musarañas de 2 g de peso y 40 mm de longitud, hasta la gran ballena azul de más de 100 t y 30 m de longitud (Tirira 2007).

A pesar del gran número de especies, observar mamíferos silvestres de manera directa es difícil, ya sea porque la mayoría de las especies tienen hábitos nocturnos o porque evitan el encuentro con el ser humano. No obstante, los mamíferos silvestres dejan algún rastro de su presencia y sus actividades, cuya observación es una prueba confiable de la existencia de una especie en un sitio (Wemmer *et al.* 1996). De los diferentes rastros que dejan los mamíferos, como excrementos, madrigueras, senderos, olores, marcas en las plantas y señales de alimentación; las huellas son los más comunes y, en muchos casos, a través de ellas se pueden identificar hasta el nivel de especie (Aranda 2000). Esta herramienta, sumada a otras técnicas de muestreo como la captura por medio de trampas y fototrampas, ha sido indispensable para conocer y estimar la riqueza de especies, su distribución geográfica, el tamaño poblacional y los hábitos de los mamíferos en la Ciudad de México.

Diversidad

La diversidad mundial de mamíferos supera las 5 420 especies descritas, incluidas en 1 229 géneros, 154 familias y 29 órdenes (Wilson y Reeder 2005), y se estima que existen entre 1 000 y 2 000 especies más por descubrir (Reeder *et al.* 2007, Ceballos y Ehrlich 2009). México ocupa el tercer lugar en el mundo en número de especies, con 525, sólo detrás de Brasil (648) e Indonesia (670). Los estados del país más ricos en diversidad de especies son: Oaxaca, Veracruz y Chiapas (Ceballos y Oliva 2005).

Con base en los registros y actualizaciones taxonómicas recientes (Wilson y Reeder 2005, Bárcenas y Medellín 2007, Carraway 2007, Navarro-Frías *et al.* 2007, Hortelano-Moncada *et al.* 2009, Botello *et al.* 2010), así como en observaciones personales de los autores, en la ciudad se registran 83 especies de mamíferos silvestres, incluidas en 19 familias y ocho órdenes (apéndice 48). En esa lista no se consideran las especies introducidas, como ratones (*Mus musculus*) y ratas (*Rattus norvegicus* y *R. rattus*).

Guevara-López, L., F. Botello y M. Aranda. 2016. Mamíferos. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México,* vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.421-429.

Los grupos mejor representados en la entidad son los murciélagos (30 especies, 37%), roedores (29 especies, 35%) y carnívoros (11 especies, 13%).

Es difícil ubicar el lugar que ocupa la Ciudad de México dentro del país en cuanto a la riqueza específica, debido a la actualización constante por medio de inventarios estatales y regionales (*e.g.* Mejenes-López *et al.* 2010), a la descripción de especies nuevas (*e.g.* González-Ruiz *et al.* 2011) y a la ampliación de distribución de algunas especies (*e.g.* Magaña-Cota *et al.* 2010). Aunque se ubica alrededor del lugar 22, podemos afirmar que posee una riqueza alta de especies, si se considera que es la entidad más pequeña y con una densidad poblacional humana elevada (INEGI 2012). Esta riqueza es similar a la registrada en estados que poseen mayor extensión geográfica, como Colima (87 especies) y Quintana Roo (82 especies).

De las 525 especies de mamíferos mexicanos, 158 son endémicas (30%). Por su parte, la ciudad se encuentra ubicada en una de las zonas con mayor concentración de endemismos y más diversas en mamíferos: la Faja Volcánica Transmexicana (Fa y Morales 1993); lo que podemos constatar con la presencia de al menos 20 especies endémicas de México, sobresaliendo el conejo zacatuche (*Romerolagus diazi*) y los ratones de los volcanes (*Neotomodon alstoni* y *Reithrodontomys chrysopsis*). Asimismo, destaca que cinco de las siete especies de musaraña (Carraway 2007), y dos de las cuatro especies de tuza registradas en la ciudad son endémicas del país (Hafner y Hafner 2010).

Distribución

Dentro de la ciudad, los bosques y cañadas, caracterizados por tener una vegetación de bosques de coníferas y bosques mixtos (coníferas-encinos), son la región con mayor número de puntos de colecta (70%) y diversidad de especies (83%). Aquí habitan todas las especies de musarañas y carnívoros conocidas en la ciudad. También resalta el pastizal o zacatonal de las planicies intermontañosas, que es el hábitat del zacatuche (*R. diazi*) (Cervantes *et al.* 1990). Recientemente se realizaron inventarios mastofaunísticos en esta región

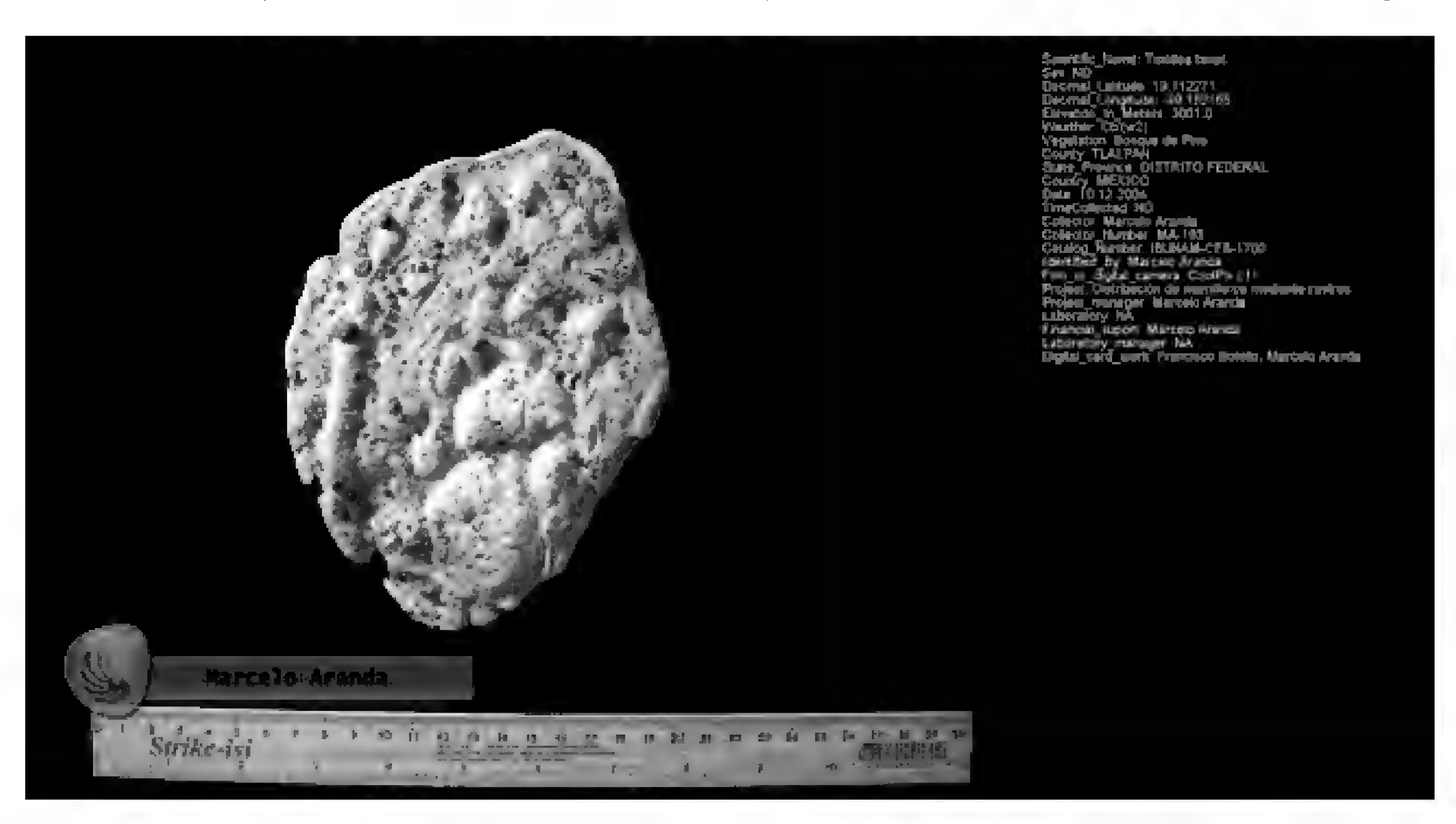


Figura 1. Registro de huella del tlalcoyote (*Taxidea taxus*) en la delegación Milpa Alta en el año 2004. Foto: Marcelo Aranda.

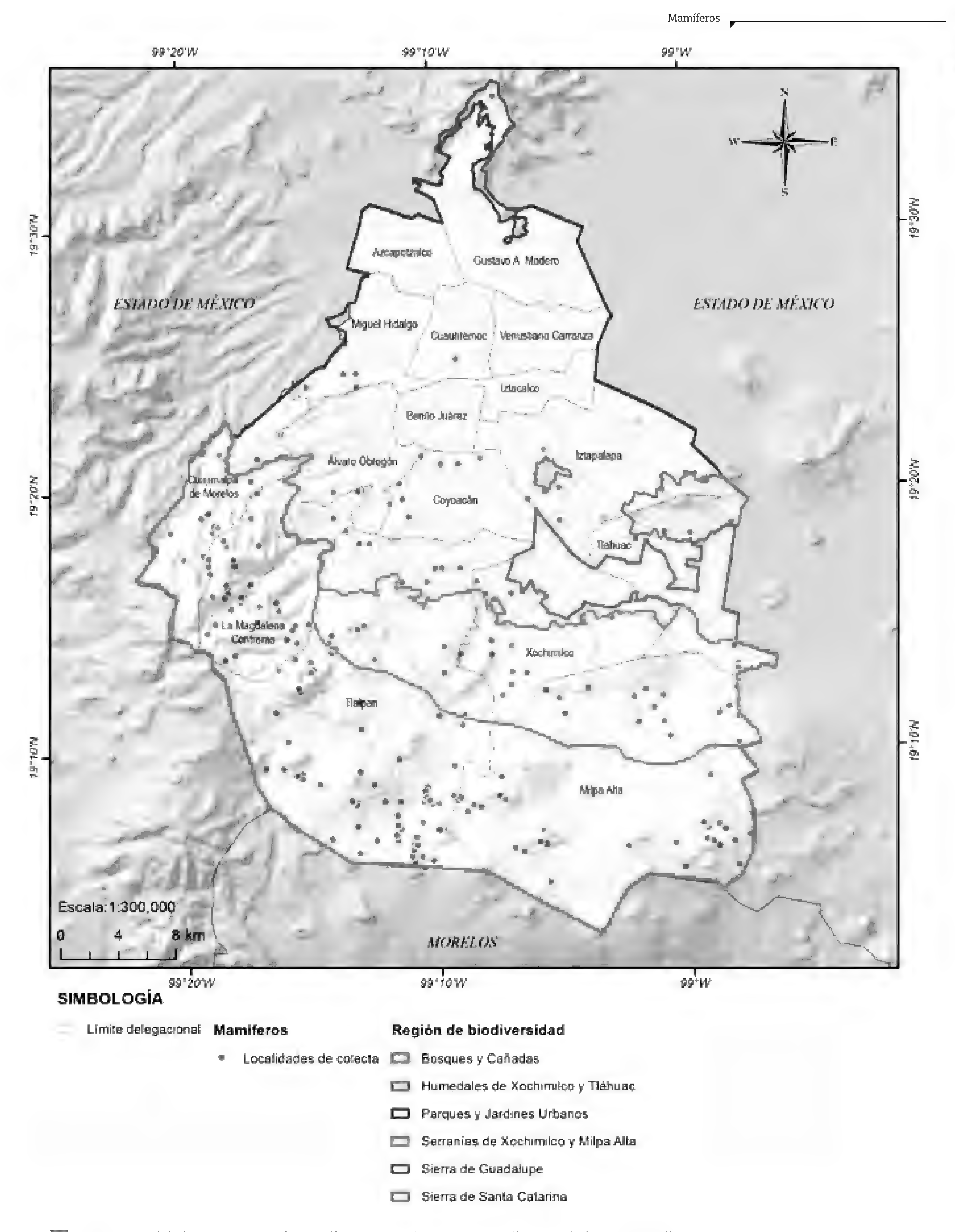


Figura 2. Localidades con registros de mamíferos por región. Fuente: González-Hernández 1998, Botello *et al.* 2010.

(Bárcenas y Medellín 2007, Gómez 2009), con lo cual se incrementó el número de especies registradas en la entidad, tal es el caso de los murciélagos *Myotis thysanodes aztecus* y *M. volans amotus* en la delegación Milpa Alta (Navarro-Frías *et al.* 2007).

Entre las especies más notables para esta región, destacan registros recientes de huellas de tlalcoyote (*Taxidea taxus*) y de coatí (*Nasua narica*), en el borde del bosque de pino y campos de cultivo de avena, en las delegaciones Tlalpan y Milpa Alta (véase Botello *et al.* 2010, figura 1). En el siglo pasado, el tlalcoyote habitaba en el volcán Ocopiaxco, frente a Parres, en la delegación Tlalpan. En cuanto al coatí, es posible que no exista alguna población residente, sino solo la presencia esporádica de machos solitarios (Aranda, observación personal). Estos casos reflejan que aún existen zonas poco exploradas en la región de Bosques y Cañadas de la entidad, a pesar de ser la zona con más registros de mamíferos.

Los mamíferos habitan casi todo tipo de ecosistema disponible en la ciudad, incluso las zonas urbanas densamente pobladas, como la región de Parques y Jardines, que es la segunda con mayor número de registros (17%) y número de especies (59%). La diversidad encontrada en esta zona está determinada principalmente por la existencia de zonas protegidas, como la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (Hortelano-Moncada *et al.* 2009). Los registros más abundantes en esta región pertenecen a cuatro géneros de roedores cricétidos (*Baiomys*, *Peromyscus*, *Reithrodontomys* y *Sigmodon*), una especie de tuza (*Cratogeomys merriami*), los dos géneros de ardillas (*Sciurus* y *Spermophilus*) y a carnívoros como el cacomixtle (*Bassariscus astutus*) y los zorrillos (*Mephitis macroura* y *Spilogale angustifrons*).

En la región Serranías de Xochimilco y Milpa Alta, la tercera con mayor número de registros y especies de la ciudad (9% y 51% respectivamente), se han registrado dos especies de murciélagos amenazadas (*Leptonycteris nivalis* y *L. yerbabuenae* (UICN 2010, SEMARNAT 2010). Por último, las regiones conocidas como Sierra de Guadalupe, Sierra de Santa Catarina y Humedales de Xochimilco y Tláhuac han sido poco estudiadas o son poco diversas (figura 2), esto se refleja en apenas 4% de los registros y sólo 19% de las especies de la ciudad (cuadro 1).

Importancia

Los mamíferos polinizan y dispersan semillas, contribuyen al control biológico de plagas, son la base de estudios biomédicos con impacto en la salud humana y proveen de comida y vestido, sobre todo para muchos pobladores rurales y grupos indígenas (Aranda 2000, Sánchez-Hernández *et al.* 2005, Tirira 2007). Especies como el armadillo y el conejo, siguen siendo de importancia en la caza local ya que su carne es un platillo demandado (Ceballos y Galindo 1984), como ocurre en la región

Cuadro 1. Número de registros y diversidad de mamíferos por regiones, contenidos en el acervo de colecciones científicas.

Región	No. de especies	No. de registros
Bosques y Cañadas	72	1161
Parques y Jardines Urbanos	53	275
Serranías de Xochimilco y Milpa Alta	43	152
Sierra de Guadalupe	1	1
Sierra de Santa Catarina	11	58
Humedales de Xochimilco y Tláhuac	0	0

Fuente: González-Hernández 1998, Botello *et al.* 2010.

Bosques y Cañadas. Las tuzas (*Cratogeomys merriami* y *Thomomys umbrinus*), y otros roedores han sido una fuerte presión para la agricultura, siendo abundantes, tolerantes a perturbaciones humanas y comunes en cultivos (Hernández y Oliva 2005, Morales y Castro 2005). Muchas especies de roedores y murciélagos albergan o transmiten enfermedades que pueden provocar la muerte o son hospederas de vectores de otras enfermedades (Ibarra-Cerdeña *et al.* 2009). Sin embargo, el principal impacto de los mamíferos radica en su contribución al mantenimiento y correcto funcionamiento de los ecosistemas que proveen de servicios vitales a la humanidad (Sánchez-Hernández *et al.* 2005), por ejemplo, siendo parte de las redes tróficas, asumiendo distintos papeles ecológicos, ya sea como depredadores generalistas o especialistas (Ceballos y Ehrlich 2009). En este mismo sentido y como se ha mencionado en un inicio, la Ciudad de México alberga una amplia variedad de órdenes, familias y géneros de mamíferos, lo cual refleja una larga historia evolutiva que abarca millones de años. Con esta amplia diversidad de formas y hábitos que son resultado de la evolución, los mamíferos silvestres en esta entidad, almacenan la capacidad de cambio evolutivo en el futuro y un continuo descubrimiento de productos útiles para el hombre (Faith *et al.* 2010).

Conservación

Según la Lista Roja de UICN, alrededor de una cuarta parte (22%) de las especies de mamíferos en el mundo están amenazadas con extinguirse y que al menos 100 especies de mamíferos mexicanos (20%) tienen algún grado de amenaza. Cabe destacar que sólo Indonesia y México rebasan el centenar de especies amenazadas en el mundo (2010). En la Ciudad de México, cinco especies están incluidas en la Lista Roja, siendo el zacatuche (*Romerolagus diazi*) y el murciélago de hocico largo (*Leptonycteris nivalis*) las especies de mayor riesgo por estar en la categoría de amenazadas (Arroyo-Cabrales *et al.* 2008; Asociación Mexicana para la Conservación y Estudios de los Lagomorfos A.C. *et al.* 2008).

Nueve especies registradas en la ciudad se encuentran en alguna categoría de riesgo en la Norma Oficial Mexicana NOM-059 (SEMARNAT 2010): un lagomorfo (*Romerolagus diazi*), dos musarañas (*Cryptotis alticola* y *C. parva*), tres roedores (*Sciurus oculatus*, *Oryzomys couesi* y *Reithrodontomys microdon*), dos murciélagos (*Leptonycteris nivalis* y *L. yerbabuenae*) y un carnívoro (*Taxidea taxus*) (apéndice 48). La rata canguro (*Dipodomys phillipsii*) es considerada como extirpada de la región, es decir, ya no habita dentro de la ciudad (Navarro-Frías *et al.* 2007), ya que el último registro de esta especie data del año 1961 en la delegación Tlalpan (Genoways y Jones 1971). Hortelano-Moncada y colaboradores (2009) presentan registros de la ardilla *Spermophilus adocetus* para la entidad, sin embargo, al igual que Valdez y Ceballos (2005), mencionan que debido a la falta de evidencia de poblaciones silvestres, podrían ser mascotas liberadas; lo que debe ser confirmado.

Amenazas

La mayor amenaza que enfrentan los mamíferos es la pérdida o fragmentación de su hábitat, la cual afecta a más de 2 000 especies en el mundo (UICN 2010). Existen zonas, como la sierra del Ajusco, con una larga historia de perturbación humana debido a su colindancia con una de las ciudades más grandes del mundo (Granados *et al.* 2004). Otra amenaza, principalmente para las especies de talla grande como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*) y recientemente el lince (*Lynx rufus*), es la cacería furtiva (Naranjo *et al.* 2010); sin embargo, ésta también afecta a conejos, armadillos y ardillas, que son perseguidos por su carne; lo que ha ocasionado un decremento en las poblaciones durante las últimas décadas (Ceballos y Galindo 1984). Además de lo anterior, la

introducción de especies exóticas a esta entidad, ha creado una fuerte presión a especies nativas de roedores y carnívoros. El avance constante de la mancha urbana y la frontera agrícola en la capital mexicana pone en grave peligro la conservación de las áreas naturales, aún aquellas que están incluidas en alguna categoría de protección. Sumado a esto, una amenaza fundamental es la falta de información adecuada acerca de la distribución geográfica y el tamaño poblacional actual, lo cual es clave para determinar el grado de vulnerabilidad de cada especie (Ceballos *et al.* 2002).

Conclusión y recomendaciones

Los recursos financieros limitados y el creciente número de especies de mamíferos amenazados dificultan las acciones de conservación; por lo tanto, generar una lista de prioridades a conservar es una labor que conlleva un cúmulo de conocimientos y no debe ser una decisión arbitraria. Parece haber un consenso en conservar las poblaciones o especies más diferenciadas genética y ecológicamente, ya que podrían asumir una mayor variedad de funciones ecológicas en el futuro, sumamente importante ante un planeta en cambio ambiental acelerado (Ceballos y Ehrlich 2009).

Se deben iniciar o continuar estudios en los que se evalúe la variación genética de las poblaciones, las relaciones de parentesco entre las especies, sus requerimientos ecológicos y sus dinámicas poblacionales. Estos estudios son particularmente urgentes para especies



Figura 3. Ratón cosechero (*Reithrodontomys fulvescens*) en la Delegación Tlalpan. Foto: Lázaro Guevara.

que representan linajes evolutivos únicos (Faith *et al.* 2010), ya sea por ser géneros con una sola especie, como el tlalcoyote y el zacatuche (*Taxidea taxus* y *Romerolagus diazi*); para especies con distribución exclusiva en la Faja Volcánica Transmexicana, como los ratones de los volcanes (*Neotomodon alstoni* y *Reithrodontomys chrysopsis*) y la musaraña de garras largas (*Cryptotis alticola*); así como para especies con uso cinegético como el venado cola blanca (*Odocoileus virginianus*).

El esfuerzo por recopilar información sobre los mamíferos en la región ha sido extraordinario (Villa 1952, Aranda *et al.* 1980, Ceballos y Galindo 1984, Ramírez-Pulido *et al.* 1986, Hortelano y Cervantes 2011), no obstante aún se necesitan descripciones detalladas o reevaluaciones en grupos poco estudiados como los roedores, los murciélagos y las musarañas; siendo también necesaria la actualización constante de los inventarios locales con el respaldo de las colecciones biológicas (Hortelano-Moncada *et al.* 2009, Reid 2009). De hecho, cualquier acción de conservación biológica debería ser emprendida sólo después de la revisión minuciosa de la información taxonómica de las especies (Dubois 2003; *e.g.* Hortelano-Moncada y Cervantes 2011).

La necesidad de satisfacer la creciente demanda de la población de la capital, hace que la conservación de los mamíferos silvestres sea un reto sin precedentes. Tomando en consideración lo anterior, actualmente se encuentra en proceso de establecimiento el Sistema de Áreas Naturales Protegidas (SIANAP D.F.), el cual permitirá de manera conjunta, la planificación y realización de programas orientados a la conservación, manejo y administración de las áreas protegidas de la entidad, que constará de un total de 17: ocho decretadas por el gobierno local y nueve por el gobierno federal, sumando en cerca de 15 702 ha (CORENA 2000).

Es importante resaltar que la biodiversidad de mamíferos ha contribuido a mantener y elevar la calidad de vida de los habitantes de la Ciudad de México y la Zona Metropolitana, ya que contribuyen a mantener las funciones ecológicas de los ecosistemas (Ceballos y Galindo 1984, Hortelano-Moncada y Cervantes 2011). Sumado a razones éticas, estéticas, científicas y económicas, el valor e importancia de los mamíferos silvestres para el habitante de la capital mexicana es inconmensurable; por lo tanto, cualquier esfuerzo de conservación que se realice no tiene sentido si no involucra a la sociedad. Aún no sabemos con exactitud cómo puede romper el equilibrio y la estructura de un ecosistema la pérdida de una de sus especies; por ello, debemos valorar a todas y cada una por igual, reconociendo que en conjunto son parte vital de la Ciudad de México.

Agradecimientos

L. Guevara y F. Botello agradecen al Posgrado en Ciencias Biológicas de la UNAM y al CONACYT (CVU 215902 y 48454) por el apoyo brindado en sus estudios de posgrado.

Referencias

Aranda, M. 2000. *Huellas y otros rastros de los mamíferos grandes y medianos de México*. INECOL, A.C., Xalapa, México.

Aranda, M., C. Martínez del Río, L. Colmenero y V.M. Magallón. 1980. *Los mamíferos de la Sierra del Ajusco*. Comisión Coordinadora para el desarrollo agropecuario del Departamento del Distrito Federal (COCODA).

Arroyo-Cabrales, J., B. Miller, F. Reid *et al.* 2008. *Leptonycteris nivalis*. En: UICN 2012. UICN Red List of Threatened Species. Version 2012.2. <*www.iucnredlist.org*>, última consulta: 28 Noviembre 2012.

Asociación Mexicana para la Conservación y Estudio de los Lagomorfos A.C., F. Romero Malpica, H. R. Cordero *et al.* 2008. *Romerolagus diazi*. En: UICN 2012. UICN Red List of Threatened Species. Versión 2012.2. <*www.iucnredlist.org*>, última consulta: 28 Noviembre 2012.

Bárcenas, H. y R. Medellín. 2007. Registros notables de mamíferos en el sur del Distrito Federal, México. *Revista Mexicana de Mastozoología* 11:73–79.

Botello, F., M. Aranda y V. Sánchez-Cordero. 2010. *Fortalecimiento de la Colección de fotocolectas biológicas (CFB): una propuesta del uso de la imagen digital al servicio del conocimiento de la biodiversidad*. Instituto de Biología. SINB. UNAM/CONABIO proyecto No. FS003. México.

Carraway, L. 2007. Shrews (Eulypotyphla: Soricidae) of Mexico. *Monographs of the Western North American Naturalist* 3:1–91.

Ceballos, G. y C. Galindo. 1984. *Mamíferos silvestres de la Cuenca de México*. Limusa/MAB, México.

Ceballos, G.J. Arroyo-Cabrales y R. Medellín. 2002. *Mamíferos de México*. Pp. 377–413. En: Diversidad y conservación de los mamíferos neotropicales. G. Ceballos y J. Simonetti (eds.). CONABIO/UNAM, México.

Ceballos, G. y G. Oliva (eds.). 2005. *Los mamíferos silvestres de México*. CONABIO/FCE, México.

Ceballos, G. y P.R. Ehrlich. 2009. Discoveries of new mammal species and their implications for conservation and ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106:3841–3846.

Cervantes, F., C. Lorenzo y S. Hoffman. 1990. *Romerolagus diazi*. *Mammalian Species* 360:1–7.

CORENA. Comisión de Recursos Naturales y Desarrollo Rural del Gobierno del Distrito Federal.2000. Programa General de Ordenamiento Ecológico del Distrito Federal. SMA/GDF.

Dubois, A. 2003. The relationships between taxonomy and conservation biology in the century of extinctions. *Comptes rendus Biologies* 326:S9–S21.

Fa, J.E. y L.M. Morales. 1993. Patterns of mammalian diversity in Mexico. Pp. 281–299. En: B*iological diversity of Mexico: origins and distribution*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Oxford University Press, New York.

Faith, D., S. Magallón, A. Hendry, *et al.* 2010. Ecosystem services: an evolutionary perspective on the links between biodiversity and human well-being. *Current Opinion in Environmental Sustainability* 2:1–9.

Genoways, H. y J. Jones, Jr. 1971. Systematics of southern banner-tailed kangaroo rats of the *Dipodomys phillipsii* group. *Journal of Mammalogy* 52:265–287.

Gómez, Y. 2009. *Mastofauna del Suelo de Conservación Contrerense*. Tesis de Licenciatura en Biología. Facultad de Ciencias, UNAM. México, D. F.

González-Hernández, A. 1998. Base de datos de mamíferos de México depositados en colecciones de Estados Unidos y Canadá. Base de datos Sistema Nacional de Información sobre Biodiversidad - CONABIO. Proyecto P130. México, D.F.

González-Ruiz, N., J. Ramírez-Pulido y J. Arroyo-Cabrales. 2011. A new species of mastiff bat (Chiroptera: Molossidae: Molossus) from Mexico. *Mammalian Biology* 76:461–469.

Granados, D., G.F. López, M.A. Hernández y A. Sánchez. 2004. Ecología de la fauna silvestre de la Sierra Nevada y la Sierra del Ajusco. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 10(2):111-117.

Hafner, M. S. y D.J. Hafner. 2010. Systematics and conservation status of the pocket gophers of Mexico. Pp. 239-246. En: *60 años de la Colección Nacional de Mamíferos del Instituto de Biología*, UNAM. F. A. Cervantes, J. Vargas C., y Y. Hortelano M. (eds.). Aportaciones al Conocimiento y Conservación de los Mamíferos Mexicanos. UNAM, México.

Hernández, B. y G. Oliva. 2005. *Cratogeomys merriami* (Thomas, 1893). Pp. 590-591. En: *Los mamíferos silvestres de México*. G. Ceballos y G. Oliva (eds.) CONABIO/FCE, México.

Hortelano-Moncada, Y., F.A. Cervantes y A. Trejo-Ortíz. 2009. Mamíferos silvestres de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel en Ciudad Universitaria. UNAM, México, D.F. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 80:507–520.

Hortelano-Moncada Y. y F. A. Cervantes. 2011. *Diversity of Wild Mammals in a Megalopolis: Mexico City, Mexico, Changing Diversity in Changing Environment.* Tesis de doctorado. Oscar Grillo (Ed).

Ibarra-Cerdeña, C., V. Sánchez-Cordero, A.T. Peterson y J. Ramsey. 2009. Ecology of North American triatomines. *Acta Tropica* 110:178–186.

INEGI. Instituto Nacional de Estadística, Geografía e Informática. 2010. Información Nacional, por entidad federativa y municipios. Censo de Población y Vivienda 2010.

Macdonald, D.W. 2009. *The Princeton encyclopedia of mammals.* Princeton, New Jersey. Princeton University. XLI.

Magaña-Cota, G., J. Charre-Medellín, R. Hernández *et al.* 2010. Primeros registros del murciélago vampiro de pata peluda (*Diphylla ecaudata*) para el estado de Guanajuato, México. *Therya* 1:213–220.

Mejenes-López, S., M. Hernández-Bautista, J. Barragán-Torres y J. Pacheco Rodríguez. 2010. Los mamíferos en el Estado de Hidalgo, México. *Therya* 1: 161–188.

Merritt, J.F. 2010. *The biology of small mammals.* Baltimore, Maryland. Johns Hopkins University, XVI. Morales. L. y I. Castro. 2005. *Thomomys umbrinus* (Richardson, 1829). Pp. 608-609. En: *Los mamíferos silvestres de México.* G. Ceballos. y G. Oliva (eds.) CONABIO/FCE, México.

Naranjo, E., J. López-Acosta y R. Dirzo. 2010. La cacería en México. *Biodiversitas* 91: 6–10.

Navarro-Frías, J., N. González-Ruiz y S.T. Álvarez-Castañeda. 2007. Los mamíferos silvestres de Milpa Alta, Distrito Federal: lista anotada, distribución y conservación. *Acta Zoológica Mexicana* 23:103–124.

Ramírez-Pulido, J., M.C. Britton, A. Perdomo y A. Castro-Campillo. 1986. Guía de los Mamíferos de México. UAM-Iztapalapa, México.

Reid, F. 2009. *A field guide to the mammals of Central America and southeast Mexico.* New York, Oxford University.

Reeder, D.M., K.M. Helgen, y D.E. Wilson. 2007. Global trends and biases in new mammal species discoveries. *Occasional Papers, Museum of Texas Tech University* 269:1-36.

Sánchez-Hernández, C., M. Romero-Almaraz y C. García-Estrada. 2005. Mamíferos. Pp. 283 – 304. En: *Biodiversidad del Estado de Tabasco.* F. Bueno, F. Álvarez y S. Santiago (eds.).Instituto de Biología, UNAM/CONABIO. México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010, publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Tirira, D. 2007. *Mamíferos del Ecuador. Guía de campo.* Ediciones Murciélago Blanco. Publicación Especial de los Mamíferos del Ecuador 6. Quito.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2010. Lista roja de especies amenazadas. En: <*http://www.iucnredlist.org*>, última consulta: enero de 2011.

Valdez, M. y G. Ceballos. 2005. *Spermophilus adocetus* (Merriam, 1903). Pp.559-560. En: *Los mamíferos silvestres de México.* G. Ceballos y G. Oliva (eds.) CONABIO/FCE. México.

Villa, B. 1952. Mamíferos silvestres del Valle de México. *Anales del Instituto de Biología*, UNAM 23:269-492.

Wemmer, C., T.H. Kunz, G. Lundie-Jenkins y W.J. McShea. 1996. Mammalian signs. Pp.157-176. En: *Measuring and monitoring biological diversity: standard methods for mammals.* D.E. Wilson, F.R. Cole, J.D. Nichols, R. Rudran y M.S. Foster (eds.). Smithsonian.

Wilson, D.E. y D.M. Reeder (eds.). 2005. *Mammal Species of the World.* A Taxonomic and Geographic Reference. Johns Hopkins University Press.

Estudio de caso

El zacatuche (*Romerolagus diazi*)

Yajaira García Feria
Rogelio Campos Morales
Lázaro Guevara López
Enrique Martínez Meyer

Descripción

El zacatuche (en náhuatl, *zacatl*: zacate; *tochtli*: conejo, conejo del zacate), también denominado teporingo o conejo de los volcanes (*Romerolagus diazi*) es una especie única y distinta al resto de los conejos que habitan en el mundo. Su pelaje es corto y denso, de color pardo oscuro, tiene orejas redondas y pequeñas, patas cortas, y su cola es tan pequeña que no es visible (figura 1) (Cervantes *et al.* 1990, Velázquez *et al.* 1993). Este conejo pesa aproximadamente 500 g y de las 15 especies de conejos silvestres del país es la de menor tamaño (Cervantes y Martínez 1996). Evolutivamente se considera primitivo porque tiene características morfológicas, genéticas y parásitos que no comparte con ninguna otra especie (Porter y Van der Loo 1981, Cobert 1983, Cervantes *et al.* 2002, Matthee *et al.* 2004). Ecológicamente constituye una presa importante de mamíferos carnívoros, como el lince (*Lynx rufus escuinapae*) (Romero 1987, Aranda *et al.* 2002) y la comadreja (*Mustela frenata*) (Cervantes 1981), así como de serpientes de cascabel (*Crotalus* spp.) y halcones cola roja (*Buteo jamaicensis*) (Cervantes 1981).

Distribución

El zacatuche es una especie endémica de las montañas del centro de México; vive entre los



Figura 1. Zacatuche (*R. diazi*) en cautiverio en el Zoológico Chapultepec, Ciudad de México. Foto: Yajaira García.

García-Feria, Y., R. Campos-Morales, L. Guevara-López y E. Martínez-Meyer. 2016. El zacatuche (*Romerolagus diazi*). En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.430-435.

2 800 y 4 250 msnm, en los bosques de pino con densas coberturas de pastos amacollados (conocidos como zacatones) de la región central de la Faja Volcánica Transmexicana (Velázquez *et al.* 1996), en los volcanes Popocatépetl e Iztaccíhuatl, en el Estado de México y Puebla, y al sur de la Ciudad de México y norte de Morelos, en la sierra del Chichinautzin, en los volcanes Ajusco, Tláloc y Pelado, entre otros.

Amenazas

La distribución del zacatuche se ha reducido naturalmente desde el final del Pleistoceno (en los últimos 12 mil años) por un aumento en la temperatura que provocó el fin de la última glaciación, como lo indican los registros fósiles encontrados en Valsequillo, Puebla (Cruz-Muñoz *et al.* 2009). Sin embargo, en épocas modernas, las causas de que sus poblaciones disminuyan drásticamente o incluso desaparezcan se deben a la grave afectación de su hábitat por las acciones de la actividad humana, como la expansión poblacional y agrícola, el pastoreo y la tala, así como la caza ilegal y la depredación por especies exóticas, como perros y gatos (Velázquez y Bocco 1994, Velázquez *et al.* 1996). Se estima que el área de distribución actual es de 386.5 km^2, en parches dispersos en los volcanes Iztaccíhuatl y Popocatépetl, en el Estado de México y Puebla, y en regiones del Ajusco y Chichinautzin en Morelos y en la Ciudad de México (Hoth *et al.* 1987, Cervantes *et al.* 1990).

Otro grave problema es que varias de las poblaciones remanentes están separadas por carreteras, zonas de cultivo y asentamientos humanos que aíslan a los individuos geográfica y genéticamente (Campos Chávez 2005). Según Ramírez-Silva (2009), las poblaciones de zacatuche de la sierra del Ajusco y del Chichinautzin podrían ser poblaciones aisladas, lo que impide el flujo génico entre ambas zonas y promueve la pérdida de variabilidad genética, lo cual constituye una amenaza seria para la supervivencia de la especie.

Además, el cambio climático actual amenaza con reducir aún más su hábitat en las partes más bajas de su distribución (Domínguez 2007, Anderson *et al.* 2009).

Por lo anterior y debido a las amenazas que enfrenta este conejo, tanto gobiernos nacionales como internacionales lo consideran en peligro de extinción (SEMARNAT 2010, UICN 2010), mientras que la Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Flora Silvestres (CITES 2010) lo incluye en el apéndice de mayor grado de riesgo. La protección del hábitat de esta especie es fundamental para asegurar su supervivencia a largo plazo, lo cual no se conseguirá si no se involucra a la sociedad, sobre todo a los ejidatarios y comuneros que aprovechan estos bosques. De igual manera, se necesita mayor colaboración entre los diferentes sectores sociales, incluyendo autoridades locales y federales, propietarios de los bosques e instituciones académicas que han emprendido estudios sobre la especie. A partir de este esquema cooperativo se deben llevar a cabo acciones para controlar la tala, el sobrepastoreo, los incendios, la introducción de especies exóticas e incluso la regulación del ecoturismo. Además, es necesario desarrollar programas de educación ambiental que permitan a la población en general conocer la importancia biológica, ecológica, histórica y cultural del zacatuche.

Conservación en cautiverio

Como medida de conservación, desde finales de 1960 se han tratado de mantener colonias de esta especie en cautiverio; sin embargo, en la mayoría de los casos éstas sólo fueron viables a corto plazo. A nivel nacional, los primeros esfuerzos se iniciaron con capturas realizadas entre 1979 y 1981, por investigadores del Laboratorio de Biología Animal Experimental de la UNAM. Posteriormente, se establecieron otras colonias como son las del Zoológico de Zacango (1982, 2001) y la Estación Ecológica de San

Cayetano, ambas en el Estado de México (1989), y las del Zoológico de Chapultepec (con dos introducciones: 1984 y 1998) y del Zoológico Los Coyotes (2003), en la Ciudad de México (Velázquez 1996).

En el extranjero, se trataron de establecer colonias en el Zoológico de Jersey, Reino Unido (con dos introducciones: 1968 y 1979); en el Zoológico de Amberes, Bélgica (1977); en el Laboratorio del Instituto Central para la Investigación Animal, Universidad de Hokkaido, Japón (tres introducciones: 1977, 1979 y 1983) (Matsuzaki *et al.* 1996, Velázquez 1996), y en el Zoológico de Ueno, Japón (con ejemplares donados por el Zoológico de Chapultepec en 2002) (Campos-Morales, com. pers.)

A pesar de los numerosos esfuerzos por establecer poblaciones de esta especie en cautiverio, las únicas que han tenido éxito a largo plazo son las de la Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre (DGZVS) de la Ciudad de México a través del Zoológico de Chapultepec y del Zoológico Los Coyotes, ubicado al sur de la ciudad, en donde se tienen bien establecidos los lineamientos para su manejo (Campos-Morales 2007). La introducción de 1984, en Chapultepec, inicialmente estuvo bajo supervisión directa de los doctores Hoth y Granados (1987), que ya habían mantenido por algún tiempo a los ejemplares en condiciones de laboratorio, así que su experiencia fue fundamental para lograr el éxito en el establecimiento de la colonia. La experiencia acumulada en el Zoológico de Chapultepec, tanto por el personal médico como por los cuidadores (guarda animales) facilitó mucho la viabilidad de los zacatuches, cuando se recibieron conejos silvestres (1998), así como cuando se inició la colonia del Zoológico Los Coyotes.

Uno de los puntos clave para el éxito en cautiverio es el mantener a los zacatuches en albergues ambientados con pasto zacatón (gramíneas amacolladas) pues lo utilizan como resguardo, alimento y para construcción de nidos; asimismo, es una manera de mantener el contacto de los zacatuches con su medio ambiente (Campos-Morales, com. pers.).

El Zoológico de Chapultepec actualmente cuenta con cuatro albergues externos y un área interna (con jaulas individuales), en donde alberga una población de alrededor de 130 zacatuches. En 1998, se introdujeron nuevos ejemplares silvestres por medio de una donación de la UAM-Iztapalapa, quienes habían capturado algunos ejemplares para un estudio de genética y reproducción (Campos-Morales, com. pers.). La colonia del Zoológico Los Coyotes se fundó a partir de ejemplares provenientes del Zoológico de Chapultepec, cuenta con un albergue externo y un área interna, y aloja a unos 25 zacatuches (Campos-Morales 2009). La problemática para el mantenimiento de estas dos colonias ha sido similar, dentro de la cual se puede señalar principalmente la relacionada al manejo reproductivo, genético y demográfico de la población, ante la ausencia de otras colonias en cautiverio y por el escaso intercambio genético a pesar de diversos esfuerzos por introducir nuevos ejemplares.

Los esfuerzos en estas instituciones han sido permanentes y se ha logrado estructurar un plan integral de manejo en cautiverio, el cual considera además proyectos de investigación y de educación ambiental (SMA 2006). Los temas de investigación y divulgación se han enfocado principalmente a las áreas de genética y reproducción (Hoth y Granados 1987, Salomón 2000, Campos-Chávez 2005, Del Río 2007, Arana 2008, Ramírez-Silva 2009, De la Vega 2010), enfermedades (Campos-Morales *et al.* 2005, Rivas 2008, Trillanes 2008) y nutrición (Campos-Morales 2009, Sánchez 2009, Núñez 2010), entre otros (Sauter 1988, Campos-Morales *et al.* 2004, Olascoaga *et al.* 2005, Olascoaga *et al.* 2006, Campos-Morales 2007).

Dentro de las actividades educativas y de difusión sobre el zacatuche se han diseñado actividades, como visitas guiadas, cursos de verano, mapas y folletería, exposiciones itinerantes, talleres infantiles, cursos y pláticas de capacitación interna y externa, documentales

para medios, entre otros. Estas actividades básicamente han sido realizadas por la misma DGZVS en coordinación con las áreas educativas de cada zoológico.

Las actividades para conservar al zacatuche en los zoológicos de la Ciudad de México han sido integradas como un proyecto legado de la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México (dentro del marco del Consejo Internacional para las Iniciativas Medioambientales Locales [ICLEI] y del Programa Acción Local por la Biodiversidad [LAB]), lo que dará mayor certeza al seguimiento y desarrollo del programa de conservación del zacatuche en cautiverio y que enfatiza la importancia que este conejo representa para la entidad.

Dentro de las actividades prioritarias para conservar a los zacatuches en cautiverio se encuentra la formación de otras colonias regionales con zacatuches no emparentados con los de las colonias del Zoológico de Chapultepec y los Coyotes, desarrollando un programa de manejo genético-reproductivo a largo plazo, que además promueva un manejo integral de las poblaciones en cautiverio que permita su vinculación con las poblaciones en vida silvestre. La existencia de más colonias en cautiverio, podría justificarse si se considera la tendencia negativa de la pérdida del hábitat del zacatuche que parece constante, además de mantener una mayor diversidad genética que permita su conservación a largo plazo. Por el momento esto es una iniciativa que la DGZVS busca promover para integrar a otras instituciones, sobre todo regionales, al programa de conservación en cautiverio.

Otro esquema de conservación que está promoviendo la Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales (SEMARNAT) es el establecimiento de unidades de manejo para la conservación de la vida silvestre (UMA), a través del Programa de Conservación de Especies en Riesgo (PROCER) 2007-2012, en el caso del zacatuche con el Programa de Acción para la Conservación de Especie-Teporingo (PACE-Teporingo), a cargo de la Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas (CONANP 2011). Con este programa se busca que los propietarios de los bosques en que habita esta especie se involucren en su manejo y conservación. Estas medidas de conservación del hábitat y restablecimiento de las colonias en cautiverio o en UMA deberán estar respaldadas a mediano plazo por programas de reintroducción en áreas protegidas en donde se asegure la supervivencia de los individuos de esta especie.

Conclusión

Los problemas de conservación del zacatuche son un ejemplo del efecto que las actividades humanas no reguladas están teniendo sobre el ambiente. El desarrollo de las grandes urbes, como la Ciudad de México, ha propiciado la reducción y fragmentación de bosques que como consecuencia han traído la pérdida de flora y fauna, así como de los servicios ambientales (captación de agua, regulación del clima, refugio de fauna silvestre, etc.) que proporcionan a los seres humanos.

En especies como el zacatuche, con requerimientos muy específicos de hábitat, el resultado de la explotación desordenada de los recursos ha provocado la confinación de sus poblaciones a parches cada vez más aislados, que de desaparecer provocarían la extinción de la especie. Por el contrario, la conservación del hábitat de los zacatuches aseguraría no sólo la permanencia del conejo, sino la supervivencia de otras especies también sensibles a la perturbación del bosque, como el gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*), la gallina de monte (*Dendrortyx macroura*) y el lince (*Lynx rufus*), por mencionar algunas. Esto sólo se logrará con la participación de todos los sectores sociales, desde las autoridades gubernamentales hasta la ciudadanía, y sobre todo tomando consciencia de que al cuidar el ambiente el ser humano también esta cuidándose a sí mismo.

Referencias

Anderson, B.J., H.R. Akcakaya, M.B. Araujo *et al.* 2009. Dynamics of range margins for metapopulations under climate change. *Proceedings of the Royal Society Biological Sciences* 276:1415-1420.

Arana, A.C. 2008. *Identificación del sexo del conejo zacatuche (*Mammalia: *Romerolagus diazi) utilizando* ADN *de heces fecales.* Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Aranda, M., O. Rosas, J. Ríos y N. García. 2002. Análisis comparativo de la alimentación del gato montés (*Lynx rufus*) en dos diferentes ambientes de México. *Acta Zoológica Mexicana* 87:99-109.

Campos-Chávez, A.P. 2005. C*omparación genética entre poblaciones aisladas del conejo zacatuche Romerolagus diazi* (Mammalia: Lagomorpha). Tesis de Maestría. Instituto de Biología, UNAM, México.

Campos-Morales, R., M.X. Ramos y S.F. Gual. 2004. D*eterminación de parámetros morfológicos externos en el zacatuche* (*Romerolagus diazi*) *en el Zoológico de Chapultepec, México,* D.F. VII Congreso Nacional de Mastozoología. San Cristóbal de las Casas, Chiapas, México.

Campos-Morales, R. 2007. Contención física y química y toma de muestras sanguíneas en el zacatuche (*Romerolagus diazi*) en cautiverio. *Memorias del* XXIV *Simposio sobre Fauna Silvestre "Gral. M. V. Manuel Cabrera Valtierra"*. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México.

——. 2009. *Efecto de la suplementación de Saccharomyces cerevisiae sobre el desarrollo, la digestibilidad y la salud del conejo zacatuche* (*Romerolagus diazi*) *en cautiverio.* Tesis de maestría. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, UAM - Xochimilco, México.

——. 2012. Colaborador de la Dirección de Bioética y Vida Silvestre de la Dirección General de Zoológicos y Vida Silvestre de la Ciudad de México. Comunicación personal, marzo.

Campos-Morales R., M.I. Yáñez, R.C.I. Rangel y E.M.A. Pintado. 2005. *Síndrome de emaciación y choque hipoglicémico del zacatuche.* XXII Simposio sobre Fauna Silvestre Gral. MV. Manuel Cabrera Valtierra. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México.

Cervantes, F.A. 1981. Some predators of the zacatuche (*Romerolagus diazi*). *Journal of Mammalogy* 62:850-851.

Cervantes, F.A. y J. Martínez. 1996. Historia natural del conejo zacatuche o teporingo (*Romerolagus diazi*). Pp 29-40. En: Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat. A. Velázquez, F.J. Romero, y J. López-Paniagua (eds.). UNAM/FCE. México.

Cervantes, F.A., C. Lorenzo y R. Hoffmann. 1990. *Romerolagus diazi. Mammalian Species* 360:1-7.

Cervantes, F.A., C. Lorenzo y T.L. Yates. 2002. Genetic variation in populations of Mexican lagomorphs. *Journal of Mammalogy* 83:1077-1086.

CITES. Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora. 2010. Apéndice I. Texto vigente.

Cobert, G.B. 1983. A review of classification in the family Leporidae. *Acta Zoologica Fennica* 174:11-15.

CONANP. Comisión Nacional de Áreas Naturales Protegidas. 2011. PROCER, Programa de Conservación de Especies en Riesgo/Dirección de Especies Prioritarias para la Conservación. En: <*http://procer.conanp.gob.mx/*>, última consulta: noviembre de 2011.

Cruz-Muñoz, V., J. Arroyo-Cabrales y R. Graham. 2009. Rodents and Lagomorphs (Mammalia) from the Late-Pleistocene Deposits at Valsequillo, Puebla, Mexico. *Current Research in the Pleistocene* 26:12-14.

Del Río, A.C. 2007. *Uso de microsatélites para la genotipificación no invasiva a partir de muestras fecales de conejo zacatuche* (*Romerolagus diazi*). Tesis de Maestría. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM, México.

De la Vega, A.M.F. 2010. *Evaluación de las características seminales del conejo de los volcanes* (*Romerolagus diazi*) *en el Zoológico de Chapultepec.* Tesis de Licenciatura. FES-Cuautilán, UNAM, México.

Domínguez, A. 2007. *Efecto del cambio climático en la distribución del conejo endémico de México Romerolagus diazi* (Lagomorpha: Leporidae). Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Hoth, J. y H. Granados. 1987. A preliminary report on the breeding of the volcano rabbit *Romerolagus diazi* at Cha-

pultepec Zoo, México City. *International Zoo Yearbook* 26:261-265.

Hoth, J., A. Velázquez, F.J. Romero, *et al*. 1987. The volcano rabbit: a shrinking distribution and a threatened habitat. *Oryx* 21: 85-91.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2010. Red list of threatened species. En: <*http: // www.iucnredlist.org/*>, última consulta: noviembre de 2010.

Matthee, C.A., B. Van Vuuren, D. Bell y T. Robinson. 2004. A molecular supermatrix of the rabbits and hares (Leporidae) allows for the identification of five intercontinental exchanges during the Miocene. *Systematic Biology* 53:433-447.

Matsuzaki, T., M. Kamiya, H. Suzuk *et al*. 1996. Reproducción en el laboratorio del conejo zacatuche. Pp. 51-66. En: *Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat*. A. Velázquez, F.J. Romero, y J. López-Paniagua (eds.). UNAM/FCE. México.

Núñez, G.C.A. 2010. *Evaluación nutricional, consumo y digestibilidad aparente de la dieta proporcionada al conejo de los volcanes (Romerolagus diazi) en cautiverio*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Medicina Veterinaria y Zootecnia, UNAM. México.

Olascoaga, E.A., F.J. Calderón y S.F. Gual. 2005. *Manejo de la colonia de teporingos (Romerolagus diazi) en el Zoológico los Coyotes*. XXII Congreso de la Asociación de Zoológicos, Criaderos y Acuarios de México. León, Guanajuato, México.

Olascoaga, E.A, A.M. Fernández y F.J. Calderón. 2006. *Crianza artificial de teporingo (Romerolagus diazi), en el Zoológico los Coyotes*. XXIII Congreso de la Asociación de Zoológicos, Criaderos y Acuarios de la República Mexicana. Mérida, Yucatán, México.

Porter, M.D. y W. Van der Loo. 1981. Report on the breeding and behavior of the Volcano Rabbit at Antwerp Zoo. Pp. 956-971. En: *World Lagomorph Conference*. K. Myers y C.D. MacInnes (eds.). Universidad de Guelph, Guelph, Ontario.

Ramírez-Silva, J.P. 2009. *Diversidad genética entre las poblaciones del conejo zacatuche (Romerolagus diazi)*. Tesis de Doctorado. Instituto de Biología, UNAM, México.

Rivas, G.T.A. 2008. *Parámetros hemáticos en la población de teporingos (Romerolagus diazi) alojados en el Zoológico de Chapultepec Alfonso L. Herrera, Ciudad de México*. Tesis de Licenciatura. FES- Cuautitlán, UNAM, México.

Romero, R.F. 1987. *Análisis de la alimentación del lince (Lynx rufus escuinapae) en el volcán Pelado*, Ajusco, Distrito Federal, México. Tesis de licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

Salomón, S.V.M. 2000. *Estimación de la variación genética en el zacatuche (Romerolagus diazi) por medio del método RAPD en ejemplares de dos poblaciones*. Tesis de Maestría. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, UAM-Iztapalapa, México.

Sánchez, T.M. 2009. *Efecto del nivel de Muhlenbergia macroura sobre el peso, consumo y digestibilidad en el conejo de los volcanes (Romerolagus diazi)*. Tesis de Maestría. División de Ciencias Biológicas y de la Salud, UAM-Xochimilco, México.

Sauter, B.M.C.J. 1988. *Estudio de algunos comportamientos del conejo de los volcanes (Romerolagis diazi) en el Zoológico de Chapultepec*, México, *D.F. repertorio conductual, aspectos sociales y presupuestos de tiempo*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias, UNAM, México.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

SMA Secretaría del Medio Ambiente del Gobierno del Distrito Federal. 2006. Sexto Informe de Trabajo. México.

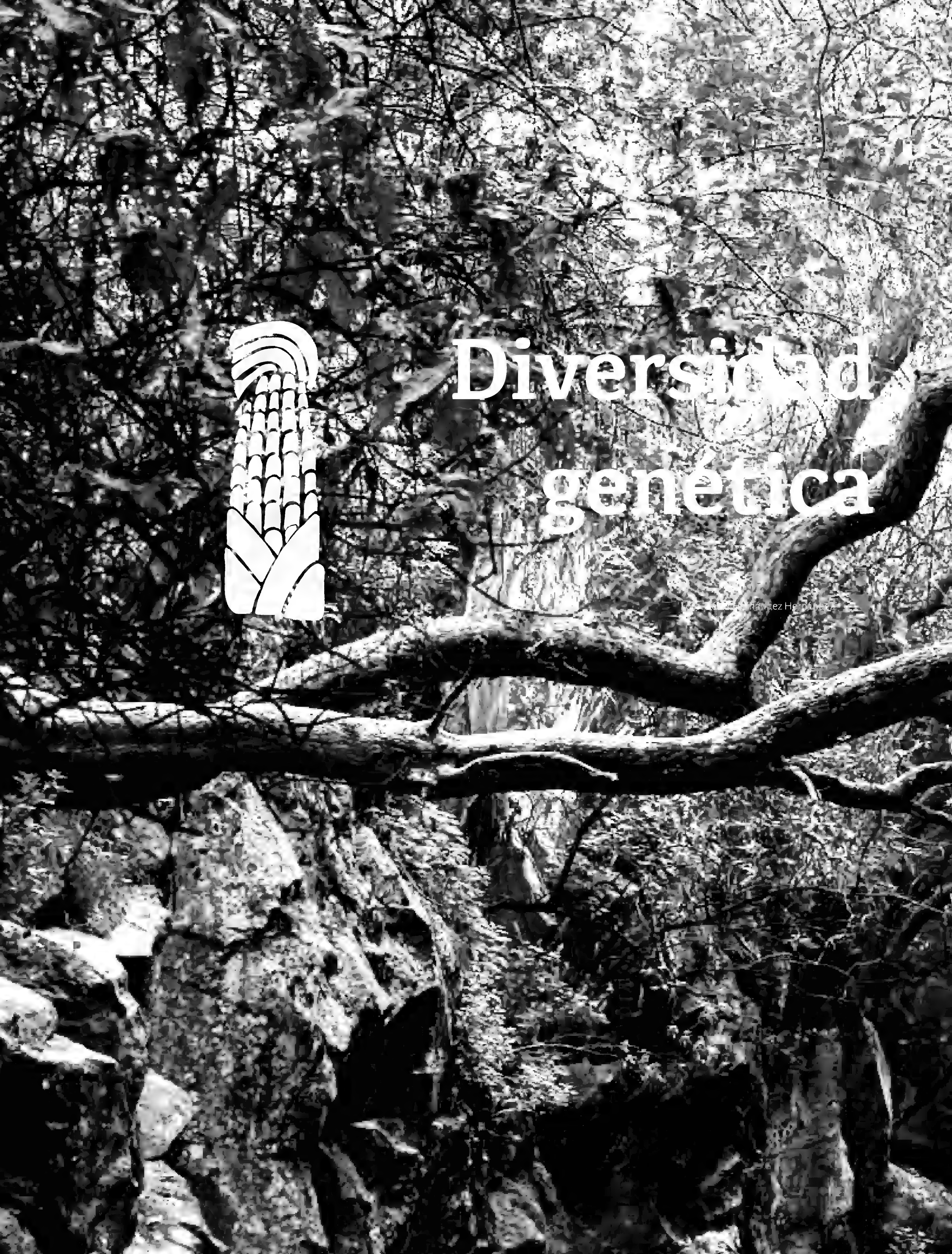
Trillanes, F.C.E. 2008. *Elementos minerales esenciales en tejidos y alimento del teporingo (Romerolagus diazi) en el Zoológico de Chapultepec*. Tesis de Licenciatura. FES-Cuautitlán, UNAM, México.

Velázquez, A., F.A. Cervantes y C. Galindo-Leal. 1993. The volcano rabbit *Romerolagus diazi*, a peculiar lagomorph. *Lutra* 36:62-70.

Velázquez, A. y G. Bocco. 1994. Modelling conservation alternatives with ILWIS: a case study of the volcano rabbit. *Instrumental Transcommunication Journal* 3:197-204.

Velázquez, A. 1996. Síntesis de estudios sobre el zacatuche y su hábitat. Pp. 133-144. En: Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat. A. Velázquez, F.J. Romero, y J. López-Paniagua (eds.). UNAM/FCE. México.

Velázquez, A., F.J. Romero y L. León. 1996. Fragmentación del hábitat del conejo zacatuche. Pp. 73-86. En: *Ecología y conservación del conejo zacatuche y su hábitat*. A. Velázquez, F.J. Romero, y J. López-Paniagua (eds.). UNAM/FCE. México.



Diversidad genética


7

Resumen ejecutivo

Diversidad genética

Ella Vázquez Domínguez
María Guadalupe Méndez Cárdenas

En el presente capítulo sobre diversidad genética se describen diferentes estudios de plantas y animales de la Ciudad de México. La selección de ejemplos estuvo acotada a aquellos que presentaran información sobre genética de especies, tanto de plantas silvestres como cultivadas, cuya distribución estuviera total o mayormente dentro de la entidad, así como de animales animales silvestres tanto de distribución restringida como amplia (cuadro 1).

Ello resultó en un número limitado de ejemplos por la poca información disponible. Sin embargo, se presentan especies de importancia alimenticia, como el maíz y el frijol; de alto valor económico, como la nochebuena; especies importantes por su potencial para ser exportadas como el amaranto y el nopal; especies endémicas, como algunas plantas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), incluido el estudio de caso de las asteráceas.

También se presentan estudios de especies con bajo riesgo como son la lagartija del mezquite (*Sceloporus grammicus*) y el chipe rojo (*Ergaticus ruber*), que son excelentes modelos para estudiar la especiación y los mecanismos de hibridación y expansión demográfica. Se describen brevemente aspectos sobre la importancia de los recursos genéticos tradicionales, los transgénicos, los problemas y riesgos ambientales que amenazan la diversidad genética e iniciativas de conservación.

En las plantas silvestres con usos medicinales y alimenticios se describen al toronjil, el epazote, los quelites, los huauzontles y la chía como recursos que no han sido domesticados pero que crecen cercanos al cultivo de la milpa.

En estas especies se han llevado a cabo estudios citogenéticos que permitieron identificar nuevos taxa y reubicar taxonómicamente especies y subespecies. Ello ha permitido un mejor uso del recurso, sobre todo en aquellas plantas con sustancias químicas con efectos potenciales en la salud y la alimentación. Los estudios en plantas silvestres tendrán un mayor alcance o cobertura social que el de los cultivos comerciales, puesto que representan un medio de subsistencia al alcance de los grupos más marginados.

En lo que respecta a los estudios en plantas silvestres que se han llevado a cabo en la REPSA, se describen estudios en distintas especies de Asteraceae, Comelinaceae, Leguminoseae, Cactaceae y Solanaceae, las dos últimas representadas por *Mammilaria san angelensis* y *Datura*

Vázquez-Domínguez, E. y M.G. Méndez-Cárdenas. 2016. Resumen ejecutivo. Diversidad genética. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 439-441.

Cuadro 1. Estudios de diversidad genética en especies de la Ciudad de México.

Técnicas moleculares	Tipo de información obtenida	Especies, familias o géneros estudiados	NOM 059	Conclusiones más relevantes para la conservación, manejo o uso
RAPD	Medidas de variabilidad genética (polimorfismo, heterocigosidad promedio y diversidad alélica)	Nopal (*Opuntia ficus-indica*)		Los nopales cultivados son similares genéticamente y se originaron de un grupo pequeño de individuos
Electroforesis de proteinas en geles de almidón 7 *loci* polimórficos		Frijol (*Phaseolus* spp.)		Mayor variabilidad genética en cultivos donde se mantiene el frijol silvestre cultivado en cercanía. Especies silvestres contienen genes de tolerancia a factores adversos para especies cultivadas
RAPD	Diversidad genética e indice de diferenciación	Amaranto (*Amaranthus* spp.)		Flujo genético bajo y por lo tanto bajo grado de diferenciación entre razas
RAPD		Agave (*Agave* spp.)		Muy baja variabilidad genética en diversas especies de agave cultivado; es urgente iniciar un programa de mejoramiento genético de la especie
Citogenéticos	Nivel de ploidia y patrones evolutivos	*Agastache* spp. *Teloxys* spp. *Chenopodium* spp.		Es importante conservar las especies nativas para conservar la plasticidad genética de las especies cultivadas. Selección de plantas silvestres con mayores índices nutricionales y menores toxinas. Reconocimiento taxonómico
Citogenéticos Caracteres fenotípicos Microsatelites e isoenzimas	Nivel de ploidia y patrones evolutivos	Asteraceae, Comelinaceae, Leguminosae, *Mammilaria san angelensis* y *Datura stramonium*	P (*M. san angelensis*)	Determinar la importancia que ha tenido la poliploidia en la evolución de varios géneros. El conocimiento para la reproduccion *in vitro* y los patrones coevolutivos entre *Datura* y su herbívoro
Citogenéticos		Lagartija del mezquite (*Sceloporus grammicus*)	Pr	Caracteriza las razas cromosomales como linajes y detecta zonas de hibridación
RFLPS en adn mitocondrial ADN ribosomal	Información sobre variabilidad y diferenciación genética entre poblaciones. Introgresión	*S. grammicus*	Pr	Linajes altamente diferenciados, que se pueden considerar especies a lo largo de un gradiente altitudinal, zonas de hibridación determinan la restriccion del flujo génico
Secuenciación de ADN mitocondrial	Diversidad haplotípica, y nucleótdica, estructura y diferenciación genética. Filogenia	Chipe rojo (*Ergaticus ruber*)		Linajes diferenciados para otras regiones, pero no asi para la FVT y Guerrero. Se detecta expansión demográfica reciente y no diferenciación de estas dos regiones o diferenciación reciente

RAPD: Random Amplified Polimorphic DNA - Polimorfismos en el ADN Amplificados al Azar); RFLP: Restriction Fragment Length Polymorphism - Polimorfismos en la Longitud de los Fragmentos de Restricción

P: En peligro de extinción, Pr: Sujeta a protección especial

Fuente: elaborado con la información presentada en los capítulos del presente estudio.

stramonium, respectivamente. Esta última es analizada molecularmente y el resto de las especies a través de estudios citogenéticos.

En contraste, las especies vegetales con interés para la agricultura son las más estudiadas. En la Ciudad de México, el maíz, el nopal y el amaranto son los cultivos nativos principales. El maíz tiene una alta diversidad de razas y usos culturales; existen iniciativas para su protección por ser un recurso de suma importancia en el altiplano mexicano, en particular ante el cultivo de transgénicos. El cultivo del agave pulquero perdió relevancia en los años treinta; en cambio, el cultivo del nopal se introdujo en los años setenta y en la actualidad es uno de los recursos más importantes. Las especies cultivadas, que comúnmente crecen cercanas a sus parientes silvestres, muestran en general una menor diversidad genética en comparación con dichos parientes; la hibridación natural,

relacionada con la poliploidia, se presenta en el maíz, el nopal y el agave y constituye una ventaja para el fitomejoramiento. En estas especies, los estudios citogenéticos permitieron caracterizar especies, razas y variedades, sus relaciones fenotípicas y de distancia genética, para planear con esto el fitomejoramiento.

Los estudios reportan que las variedades de agave cultivadas tradicionalmente mantienen una diversidad genética similar a la encontrada en poblaciones silvestres, pero que disminuye en plantaciones comerciales, y que las poblaciones del frijol *P. coccineus* y del *P. vulgaris* muestran una variación genética similar en poblaciones cultivadas y silvestres de la primera especie, mientras que *P. vulgaris* muestra baja variación genética. En el amaranto, la mayor parte de la diversidad genética detectable se debe a las diferencias dentro de las especies y razas, con una menor proporción de variación asociada con diferencias entre especies y razas.

Finalmente, en cuanto a los animales silvestres que se distribuyen en la entidad, se encontraron estudios que muestran distintos modelos evolutivos, es decir linajes considerados una misma especie y que con base en datos moleculares se demostró que son un complejo de especies (como es el caso de la lagartija del mezquite). Dichos linajes no se distinguen morfológicamente por lo que se requieren análisis específicos para diferenciarlos. Por ello, son un excelente modelo para probar hipótesis de diversificación de especies como causa de la evolución cromosomal. Un escenario contrario se observa en el chipe rojo, que se distribuye en la Franja Volcánica Transmexicana (FVT).

En la FVT, las especies muestran una expansión demográfica reciente y sus poblaciones aún no completan su diferenciación como especies distintas. Lo anterior invita a reflexionar sobre los distintos criterios que se deben utilizar según el contexto evolutivo de cada grupo, las distancias migratorias y el tipo de distribución. En el caso de las plantas cultivadas, el manejo debe ser compatible para poder conservar a los parientes nativos y razas criollas; independientemente de si se hace o no manejo de recursos, o si su importancia se debe a que son un reservorio genético de germoplasma nativo.

Referencias

SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-052-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Introducción a la diversidad genética

Ella Vázquez Domínguez
María Guadalupe Méndez Cárdenas

La biodiversidad se define según Solbrig (1992), no como una entidad o un recurso, sino como la propiedad de los sistemas vivientes de ser variables. Ésta se divide en tres categorías: 1) la diversidad de los ecosistemas y sus comunidades; 2) la diversidad de especies o la variedad de organismos existentes en una región; y 3) la diversidad genética o heredable, objetivo de este capítulo. Con un enfoque más sistémico y funcional, Gee (1992) interpreta la biodiversidad como la suma de las interacciones entre las distintas especies, en donde además se tendrían que incluir las interacciones entre genes y entre ecosistemas en cada nivel de organización y el intercambio de información entre los distintos niveles.

Un aspecto fundamental de la biodiversidad es la variación genética de las poblaciones y especies. La variabilidad genética, que se denomina también como variación o diversidad genética, es el componente más básico de la biodiversidad y se define como las variaciones heredables que ocurren en los organismos, entre los individuos de una población y entre las poblaciones de una especie (Piñero *et al.* 2008*a*). Las especies están representadas por un conjunto de poblaciones que difieren geográficamente, con una estructura histórica, ecológica y genética distinguible, y con características propias como área de distribución, tipo de hábitat, tamaño, etc., que pueden evaluarse y medirse (Vázquez-Domínguez 2007*a*). Estas diferencias entre especies se reflejan en los niveles de variabilidad genética que pueden ser desde muy bajos (poca o nula variación) hasta altos. En general, las poblaciones muestran una marcada diferenciación genética entre sí, lo que se conoce como estructuración genética (Vázquez-Domínguez 2007*a*, Piñero *et al.* 2008*b*).

La pérdida de variabilidad genética puede tener efectos negativos sobre las poblaciones, porque puede disminuir su capacidad para enfrentar modificaciones de las condiciones del medio ambiente, es decir, su potencial de adaptación y de evolución (Hedrick 2005, Frankham *et al.* 2010). El estudio y conocimiento de los niveles de variación y estructura genética[1] de poblaciones naturales, es de vital importancia tanto para el avance del conocimiento sobre su genética evolutiva como para la conservación, sostenibilidad, productividad, domesticación y salud pública, por mencionar algunas aplicaciones. Por ejemplo, para planear la conservación de alguna especie y que sea exitosa, como el proyecto de recuperación del cóndor de California (*Gymnogyps californianus*), se requiere información de la variabilidad genética de los individuos que se tienen en cautiverio, así como de los que se planea liberar al medio silvestre.

[1] Es el resultado de los procesos microevolutivos y demográficos que actuan entre y dentro de las poblaciones, así como de la biogeografía histórica de los linajes genéticos.

Vázquez-Domínguez, E. y M.G Méndez-Cárdenas. 2016. Introducción a la diversidad genética. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp.442-446.

Genética de poblaciones

La genética de poblaciones es la disciplina que estudia los patrones y causas de la diversidad genética en los grupos que habitan determinado lugar. Los genes son secuencias de nucleótidos[2] de segmentos particulares, también llamados *locus* (*loci*, plural), de una molécula de ADN. La variabilidad genética es la variación de alelos[3] y genotipos (combinación de alelos) presentes en una población, especie o grupo de especies, representada por diferencias en dichas secuencias (Frankham *et al.* 2010). La variabilidad genética se origina por mutaciones, recombinaciones y alteraciones que cambian los nucleótidos de una secuencia (modifican las frecuencias de los alelos) y está influenciada por mecanismos como la selección natural[4] y la migración (Hedrick 2005). Otros componentes que determinan la variabilidad y diferenciación genética son: *a*) el tamaño efectivo de la población, que es el número de individuos reproductivos que contribuyen a la siguiente generación; se refiere al tamaño de una población relevante en términos evolutivos, es decir el número de individuos reproductivos que contribuyen a la siguiente generación, y *b*) el flujo génico, que es el movimiento de individuos (y sus genes) de una población a otra. La variabilidad genética se reduce o pierde cuando el tamaño poblacional es muy pequeño, cuando disminuye o desaparece el movimiento de individuos (flujo génico) y por deriva génica, endogamia y cuellos de botella (Hedrick 2005, Eguiarte *et al.* 2007).

La deriva génica es la pérdida de los alelos menos frecuentes y la fijación de los más frecuentes que se produce en poblaciones pequeñas, debido al cambio aleatorio en la frecuencia de alelos de una generación a otra, que suele resultar en una disminución de la variabilidad genética en la población. Un cuello de botella se refiere a la disminución drástica del número de individuos de una población por condiciones ambientales extremas, tales como pérdida o transformación del hábitat y enfermedades, la cual puede tener como resultado la deriva génica. La endogamia es el apareamiento entre individuos relacionados por descendencia (*e.g.* hermanos, primos), proceso que también reduce las tasas de reproducción y sobrevivencia (Núñez-Farfán y Eguiarte 1999, Frankham *et al.* 2010).

Tanto la pérdida como la fragmentación del hábitat limitan el flujo genético entre poblaciones de una misma especie, lo que disminuye la variabilidad genética de las poblaciones locales e incrementa la diferenciación genética entre éstas (Hedrick 2005). Otras consecuencias son la reducción del tamaño poblacional, lo cual las hace demográficamente inestables, susceptibles a cuellos de botella, a la reducción de la adecuación (capacidad de dejar descendencia) y, en consecuencia, más vulnerables a la extinción (Vázquez-Domínguez 2007*a*, *b*, Frankham *et al.* 2010). La disminución de la variación genética trae consigo efectos indeseables, en particular por la pérdida de heterosis (ventaja de los individuos que poseen mayor variabilidad genética). Es indispensable que las poblaciones tengan niveles adecuados de variación genética y con ello una mejor capacidad de respuesta ante cambios ambientales.

Indicadores de la diversidad genética

Aunque existen muchos estimadores de la variabilidad genética, típicamente ésta se describe con base en el polimorfismo, heterocigosidad promedio y diversidad alélica. Cuando un individuo tiene dos o más alelos en un *locus*, se dice que ese *locus* es polimórfico, por lo que la proporción de *loci* polimórficos (*P*)

---

[2] Un nucleótido es un compuesto orgánico que está formado por una base nitrogenada, un azúcar y ácido fosfórico. Se encuentran como monómeros en los ácidos nucleicos (el adn o el arn), formando cadenas lineales. Adenina (A), citocina (C), guanina (G) y timina (T) son las nucleótidos que componen una cadena de adn.
[3] Cada una de las formas alternativas que puede tener un gen.
[4] Proceso a través del cual los organismos mejor adaptados desplazan a los menos adaptados, mediante la acumulación de cambios genéticos favorables en la población a lo largo de las generaciones.

se estima como el número de *loci* polimórficos respecto al número total de *loci*. La heterocigosidad (*H*) se refiere a la proporción promedio de *loci* heterócigos. Finalmente, la diversidad alélica (*A*) es el número promedio de alelos por *locus*. Estos estimadores se calculan tanto a nivel de individuo como de población o especie (Núñez-Farfán y Eguiarte 1999, Vázquez-Domínguez 2007*a*). La diversidad genética total de la población puede descomponerse en la variabilidad genética dentro y entre subpoblaciones y, a partir de ellas, calcular el grado de diferenciación (estructuración) de las subpoblaciones, que comúnmente se mide con el índice de F_{ST} (Wright 1978).

La variabilidad genética de individuos o poblaciones y sus causas también pueden investigarse a través de caracteres cuantitativos y cromosomas[5]. Debido a causas tanto genéticas como ambientales, los individuos de una misma especie o población varían en caracteres como altura y peso, y en sus características reproductivas y de sobrevivencia, tales como edad a la primera reproducción, tamaño de la camada, número de semillas, longevidad, etc.; éstos se conocen como caracteres cuantitativos (Eguiarte *et al*. 2007, Frankham *et al*. 2010). Las especies también pueden diferir en cuanto al número, forma o patrón de bandeo de sus cromosomas, aspectos que estudia la citogenética. El total de cromosomas (número cromosómico) y el cariotipo[6] son característicos de cada especie, por ejemplo, el ser humano tiene 46 cromosomas, distribuídos en 23 pares, lo cual se donota como 2n=23. El número de cromosomas y la estructura cromosómica o cariotipo son también medidas de variabilidad genética.

Otra medida es el nivel de poliploidia, de la que existen dos formas: autopoliploidía, que se refiere al incremento del número de cromosomas dentro de una especie, y alopoliploidía, que surge al combinarse todos los cromosomas de dos especies (*e.g.* 2n=30), lo que resulta en una nueva especie con el doble del número de cromosomas (2n=60), fenómeno común en plantas (White 1973, Frankham *et al*. 2010).

La especiación[7] por hibridación,[8] en especial la originada por poliploidía, es muy común en plantas. Los estudios cromosómicos y genéticos nos permiten analizar zonas híbridas y con ello detectar la formación de nuevas especies por los genes híbridos que quedan fijados[9] (Palomino 2000).

Recientemente, la citogenética ha cobrado mayor importancia ya que el conocimiento de los patrones de variación cromosómica es útil para evaluar tanto diversidad genética como para aspectos de conservación, en particular para especies poliploides, como son la mayoría de las angiospermas y los helechos (Martínez y Parker 1995, Frankham *et al*. 2010).

Diversidad genética como herramienta para la conservación

Actualmente se reconoce que los programas de evaluación, conservación y restauración deben considerar a la diversidad genética, junto con los procesos que la generan y mantienen, como un componente fundamental de la biodiversidad (Vázquez-Domínguez y Vega 2006). Es por ello que en años recientes se han incrementado los estudios sobre genética de la biota de México, incluyendo la variación que hay en las poblaciones naturales, la estructuración de esa variación y las potenciales consecuencias para la adaptación y conservación (Piñero *et al*. 2008*a*).

La revisión más actual sobre variabilidad genética, realizada por Piñero y colaboradores

[5] Los *cromosomas* son estructuras que se encuentran en el centro (núcleo) de las células, que transportan fragmentos largos de adn.

[6] El *cariotipo* es un esquema, foto o dibujo de los cromosomas, ordenados de acuerdo con su morfología y tamaño.

[7] La especiación es el proceso mediante el cual una población de una especie da lugar a una o más poblaciones, las cuales pueden llegar a diferenciarse en otra u otras especies debido a barreras reproductivas.

[8] La hibridación es el cruce reproductivo entre dos especies distintas, pudiendo originar una nueva especie.

[9] La introgresión es la inclusión de genes de una especie en otra por medio de la hibridación.

(2008*a*), muestra que existe muy poca información sobre la genética de especies mexicanas evaluada con marcadores moleculares (genes que se pueden rastrear físicamente en un cromosoma). Éste y otros trabajos evidencian que la pérdida de hábitat y consecuente disminución del tamaño de las poblaciones, debidos a actividades antropogénicas como deforestación, cambio de uso de suelo, urbanización, contaminación, etc., han provocado que muchas especies tengan poca variabilidad genética y alta diferenciación (Vázquez-Domínguez y Hafner 2006).

Asimismo, es notable la reducción de la variabilidad genética en especies de plantas domesticadas, sobre todo por la creación de variedades altamente productivas, mejor adaptadas a ciertas condiciones específicas de suelo y clima y resistentes a enfermedades y plagas particulares, entre otros atributos (CONABIO 2008). Dado que la agricultura comercial tiende a incrementar la uniformidad (todos los individuos tienden a ser iguales), estas variedades tienen poca o nula variabilidad genética en comparación con las variedades silvestres o con manejo tradicional (Benavides-Mendoza *et al.* 2010), lo que disminuye significativamente su potencial de adaptación a cambios en el ambiente.

Referencias

Benavides-Mendoza, A., R.E. Hernández-Valencia, H. Ramírez-Rodríguez y A. Sandoval-Rangel. 2010. *Tratado de botánica económica moderna*. Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro. Coahuila, México.

CONABIO. Comisión Nacional para el Uso y Conocimiento de la Biodiversidad. 2008. *Capital natural de México, vol I: Conocimiento de la biodiversidad*. CONABIO, México.

Eguiarte, L.E., V. Souza y X. Aguirre (comps.). 2007. *La ecología molecular de plantas y animales*. INECC, México.

Frankham, R., J.D. Ballou y K.H. McInnes. 2010. *Introduction to conservation genetics*. Cambridge University Press, Nueva York.

Gee, H. 1992. The objective case for conservation. *Nature* 357(6380):639

Hedrick, P.W. 2005. *Genetics of Populations*. Sudbury: Jones and Bartlett.

Martínez, A. y J.S. Parker. 1995. Biodiversity and conservation: a role for the chromosomes. Pp. 1-7. En: *Kew Chromosome Conference IV*. P.E. Brandham y M.D. Bennett (eds.). Royal Botanic Gardens, Kew.

Núñez-Farfán, J. y L. Eguiarte (comp.). 1999. *La evolución biológica*. Ciencias, UNAM, México.

Piñero, D., J. Caballero-Mellado, D. Cabrera-Toledo, *et al.* 2008*a*. La diversidad genética como instrumento para la conservación y el aprovechamiento de la biodiversidad: estudios en especies mexicanas. Pp. 437-494. En: *Capital natural de México, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México.

——. 2008*b*. La variabilidad genética de las especies: aspectos conceptuales y sus aplicaciones y perspectivas en México. Pp. 415-436. En: *Capital natural de México*, vol. 1: Conocimiento actual de la biodiversidad. CONABIO, México.

Solbrig, O.T. 1992. Biodiversity: An introduction. Pp. 13-20. En: *Biodiversity and Global Change*. O.T. Solbrig, H.M. van Emden y P.G.W.J. van Oordt (eds.). International Union of Biological Sciences, París.

Vázquez-Domínguez, E. 2007*a*. ¿Cuál es el enfoque de la ecología molecular? Ejemplos con un ratón espinoso. Pp. 59-70. En: *Tópicos en sistemática, biogeografía, ecología y conservación de mamíferos*. G. Sánchez-Rojas y A.E. Rojas-Martínez (eds.). Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo, México.

——. 2007*b*. Filogeografía y vertebrados. Pp. 441-466. En: *La ecología molecular de plantas y animales*. Eguiarte, L, V. Souza y X. Aguirre (comp.). INECC, México.

Vázquez-Domínguez, E. y D.J. Hafner (eds.). 2006. Genética y mamíferos mexicanos: presente y futuro. *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 32, Albuquerque.

Vázquez-Domínguez, E. y R. Vega. 2006. ¿Dónde estamos y hacia dónde vamos en el conocimiento genético de los mamíferos mexicanos? Pp. 67-73. En: *Genética y mamíferos mexicanos: presente y futuro*. E. Vázquez-Domínguez y D.J. Hafner (eds.). *New Mexico Museum of Natural History and Science Bulletin* 32, Albuquerque.

White, M.J.D. 1973. *The chromosomes*. Chapman and Hall, Londres.

Wright, S. 1978. *Evolution and the genetics of populations, Vol. IV*. Variability within and among natural populations. University of Chicago Press, Chicago.

Estudios cromosómicos en plantas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel

María Guadalupe Méndez Cárdenas

Descripción

La Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel (REPSA), es uno de los últimos refugios naturales de la Ciudad de México con una extraordinaria riqueza biológica y una de las zonas de mayor riqueza florística de toda la cuenca de México (figura 1). En cuanto a flora, se han registrado 337 especies de plantas (tres de ellas no son nativas), que suman un total de 72 familias y 191 géneros (Castillo-Argüero *et al.* 2004). Se reportan 59 especies introducidas, por lo que la riqueza nativa se reduce a 275 especies. Del total de especies de la REPSA, 34 son exclusivas del matorral xerófilo y 251 especies son compartidas con otros tipos de vegetación de la cuenca, lo cual suma 285 especies nativas de la región (Segura-Burciaga 2009). En cuanto a la fauna, existen 148 especies de aves (10 exóticas), 35 de mamíferos (cinco exóticas), 23 de reptiles (tres exóticas) y siete de anfibios (dos exóticas) (Lot y Cano-Santana 2009).

Enclavada en la Ciudad Universitaria, lo que actualmente es la REPSA fue resultado del derrame de lava durante la erupción del volcán Xitle, hace más de 2 mil años, y ahora coexiste con uno de los sistemas urbanos más complejos y contaminantes del mundo. Esta reserva fue creada en octubre de 1983, en la actualidad cubre una superficie de poco más de 237 ha (33% del campus universitario), dividido en 171 ha para la zona núcleo y 66 ha para la zona de amortiguamiento, según se establece en el Acuerdo del Rector, publicado en la *Gaceta* UNAM en junio del 2005 (Lot-Helgueras 2008).

Aun cuando la riqueza vegetal de la reserva es notoria, las especies de plantas en las que se han enfocado los estudios de genética y citogenética son escasas y corresponden a especies de las familias Asteraceae y Commelinaceae, (Palomino *et al.* 1990, Martínez y Palomino 1997, Castillo-Arguero *et al.* 2009, Soto-Trejo *et al.* 2011) una especie de Solanaceae (*Datura* sp.), (Fornioni y Núñez-Farfán 2000, Andraca-Gómez 2009) dos especies de Leguminosae (*Cologania grandiflora* y *Erythrina americana*) (Tapia-Pastrana y Jiménez-Salazar 2012) y una especie de cactácea endémica (*Mammilaria san angelensis*) (Martínez-Vázquez y Rubluo 1989).

Estudios citogenéticos

Los estudios citogenéticos aportan al conocimiento sobre los mecanismos de aislamiento reproductivo y los modos de especiación en plantas, lo cual permite no sólo aclarar historias evolutivas, definir grupos taxonómicos y delimitar especies, sino también utilizar eficientemente los recursos genéticos en programas de mejoramiento, propagación, manejo de plagas y conservación.

Para la conservación, es necesario definir las unidades a conservar, que pueden ser

Méndez-Cárdenas, M.G. 2016. Estudios cromosómicos en plantas de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 447-463.



Figura 1. La repsa es uno de los últimos refugios de la ciudad con una extraordinaria riqueza biológica y florística de toda la cuenca de México. Ardilla del Pedregal (*Spermophilus variegatus*). Foto: Carlos Galindo Leal/Banco de imágenes CONABIO.

especies o regiones. En este sentido, y siendo los cromosomas indicadores de afinidades filogenéticas,[1] se requieren estudios para discriminar entre especies y establecer regiones fitogeográficas. Dichos análisis se llevan a cabo mediante técnicas de citogenética clásica y molecular, de las características del cariotipo,[2] el comportamiento meiótico[3] (Grant 1989, Rieseberg 1997) la poliploidía[4] y la variación en el tamaño del genoma, intra e interespecífica (Herrera 2007).

Los estudios cromosómicos permiten detectar la presencia de zonas híbridas con la finalidad de analizar la formación de nuevas subespecies por introgresión[5] y conocer el impacto de la hibridación natural en la formación de complejos híbridos homoploides[6] o poliploides[7] (Grant 1985). Asimismo, la euploidía,[8] mucho más común en plantas que en animales, ha sido un mecanismo importante en la evolución de plantas de interés agrícola, mientras que la aneuploidía[9] puede contribuir al proceso de especiación en plantas, pero generar problemas serios de mutación en animales (Jenkins 2009); ambas tienen importantes consecuencias biológicas en la diversificación y adaptación de especies de plantas e incluso animales (Otto y Whitton 2000).

En grupos híbridos, la poliploidía[10] es especialmente frecuente debido a que que éstos tienen una alta formación de gametos no reducidos (Otto 2007). Las poliploidías son muy importantes en la evolución de plantas, puesto que están involucradas en el origen y diversificación de muchas especies e implican un amplio espectro de ajustes moleculares y

[1] Historia evolutiva por ancestría común.
[2] El número y la estructura de los cromosomas.
[3] Diferenciación del núcleo celular para producir células sexuales (gametos).
[4] Células somáticas u organismos con un numero de cromosomas superior a 2n.
[5] Intercambio genético entre especies diferentes.
[6] Con mismo número de conjuntos cromosómicos.
[7] Con diferente número de conjuntos cromosómicos.
[8] Estado celular con un número de cromosomas que es múltiplo exacto del número haploide, células germinales o gametos.
[9] Estado celular con un número de cromosomas que no es múltiple exacto del número haploide.
[10] Condición hereditaria consistente en la existencia de más de dos juegos de cromosomas por núcleo y es considerada un mecanismo de especiación importante y frecuente en la historia evolutiva de angiospermas.

morfofisiológicos (Adams y Wendel 2005). Frecuentemente se observa que las plantas poliploides son capaces de colonizar ambientes más hostiles, lo que explica su abundancia y diversidad.

La poliploidía tiene con frecuencia su origen en organismos diploides[11] que no reducen sus gametos. Esto es, producen gametos diploides (2n) que se pueden autofecundar y dar origen a organismos tetraploides (4n). Estos pueden dejar establecida una población (4n), que probablemente estará aislada reproductivamente de la población parental. Lo anterior origina una nueva especie biológica, en este caso la población poliploide derivó de la misma especie, por un proceso de autopoliploidía. También es posible que las especies se originen mediante hibridación entre especies diferentes, entonces el proceso se llama alopoliploidía.

Se creía que las especies surgidas por hibridación interespecífica eran mucho más abundantes que aquellas originadas de una misma especie (Comai 2005), pero estudios recientes muestran que la autopoliploidía en la naturaleza es más frecuente de lo que se pensaba (Parisod *et al.* 2010, Castro y Loureiro 2014). El cruce entre un individuo 4n, que produce gametos 2n y un individuo 2n que produce gametos reducidos (haploides), genera un cigoto triploide (3n) que muy probablemente será estéril; por tal razón la poliploidía es causa frecuente de aislamiento reproductivo y parece ser uno de los principales mecanismos de especiación por simpatría[12] (Otto y Whitton 2000, Schluter 2001).

En la presente contribución se exponen los estudios más recientes de diversidad genética realizados en la REPSA en distintas especies de angiospermas, que ejemplifican la importancia de estudiar la biodiversidad desde la genética. Se presentan los estudios de genética molecular en el género *Datura*, los cuales, pretenden dilucidar si la composición genética de una población está en desequilibrio,[13] debido a que se encuentra bajo la selección natural que ejerce un defoliador e investigar cómo afecta dicho herbívoro a la planta, dependiendo del nivel de variación genética de ésta. Otros estudios comparan la variación morfológica con la variación citogenética entre especies del género *Datura* y encuentran ausencia de poliploidía en *D. stramonium*. Esto contrasta con la gran variación de números cromosómicos en asteráceas relacionada con la poliploidía y diploidía, y en comelináceas con la alopoliploidía. Todos estos mecanismos juegan un papel relevante en el nivel de la variación genética.

Dentro de las leguminosas estudiadas están el colorín *Erythrina americana* y *Cologania grandifloria*, esta última reportada como especie amenazada y el primer registro para esta especie subendémica[14] del valle de México. Finalmente se presenta un caso exitoso de propagación de *Mammilaria san angelensis*, especie endémica en peligro de extinción.

Solanáceas

La única especie de esta familia que se ha estudiado en la REPSA es del género *Datura*. La especie *D. stramonium* (figura 2), suele confundirse con el toloatzin o toloache mexicano (*D. inoxia*), que se consideraba inofensiva pero que en realidad tiene los mismos efectos que el estramonio. Este género contiene 14 especies polimorfas (Hammer *et al.* 1983, Jiao *et al.* 2002), Olmstead y colaboradores (2008) reportan 11 como *Datura* y cerca de seis como *Brugmansia* y probablemente *Lochroma*. De las 14 especies, 10 son nativas de México (Barclay 1959), todas ellas consideradas tóxicas. México es un importante centro de diversidad y distribución de este género

[11] Célula u organismo con dos juegos cromosómicos 2n o dos copias por cada gen, es decir con gametos con sólo una copia.

[12] Aquella que se da con la aparición de dos especies con aislamiento reproductivo, sin la aparición de una barrera geográfica.

[13] Evaluación genética utilizando parámetros y la ecuación de equilibrio Hardy-Weinberg (SEMARNAT 2011).

[14] Cuando la especie endémica de una región, se distribuye en una subregión o es bien casi-endémica.

(Rzedowski 1993), que comprende las secciones *Datura*, *Dutra* y *Ceratocaulis*. Aun cuando las especies de *Datura* son nativas de regiones secas, templadas y subtropicales, actualmente están ampliamente extendidas en vegetación ruderal, zonas cálidas eutrofizadas y en terrenos cultivados (Nee 1986). Se han propuesto a México y el suroeste de los Estados Unidos como centros de origen y evolución del género *Datura* (Lockwood 1973).

Los estudios fitogeográficos, son importantes para explicar los patrones de distribución de las especies, pues ayudan a comprender los cambios en la distribución del pasado y el presente, permitiendo la identificación de áreas florísticas (Cox y Moore 1993, McLaughlin 1994). Las especies *Datura stramonium*, *D. inoxia* y *D. metel*, fueron introducidas por los europeos a otras partes del mundo (Symon y Haegi 1991). Las más ampliamente distribuidas son *D. stramonium*, *D. inoxia* y *D. discolor*, las especies más frecuentes en el área central y sur de México son *D. stramonium* y *D. pruinosa* (Luna-Cavazos y Bye 2011).

La amplia utilidad de las especies de *Datura* tiene gran importancia en la economía formal y no formal de México y el mundo. El valor económico de este género está asociado con su composición química, ya que dos de sus alcaloides, la escopolamina y la atropina, son de importancia farmacéutica. Sus propiedades incluyen el ser analgésicas, anticolinérgicas, antinflamatorias, antiespasmódicas, bronco dilatorias y sedantes; éstas son empleadas en medicamentos antidiarreicos, antigripales y para el resfrío (Bye y Mendoza 1998). Además, son alucinógenas y por lo tanto tienen valor cultural (Schultes 1979).

Diversidad cromosómica

Como parte del programa nacional para la documentación, evaluación, conservación y desarrollo de plantas útiles nativas de

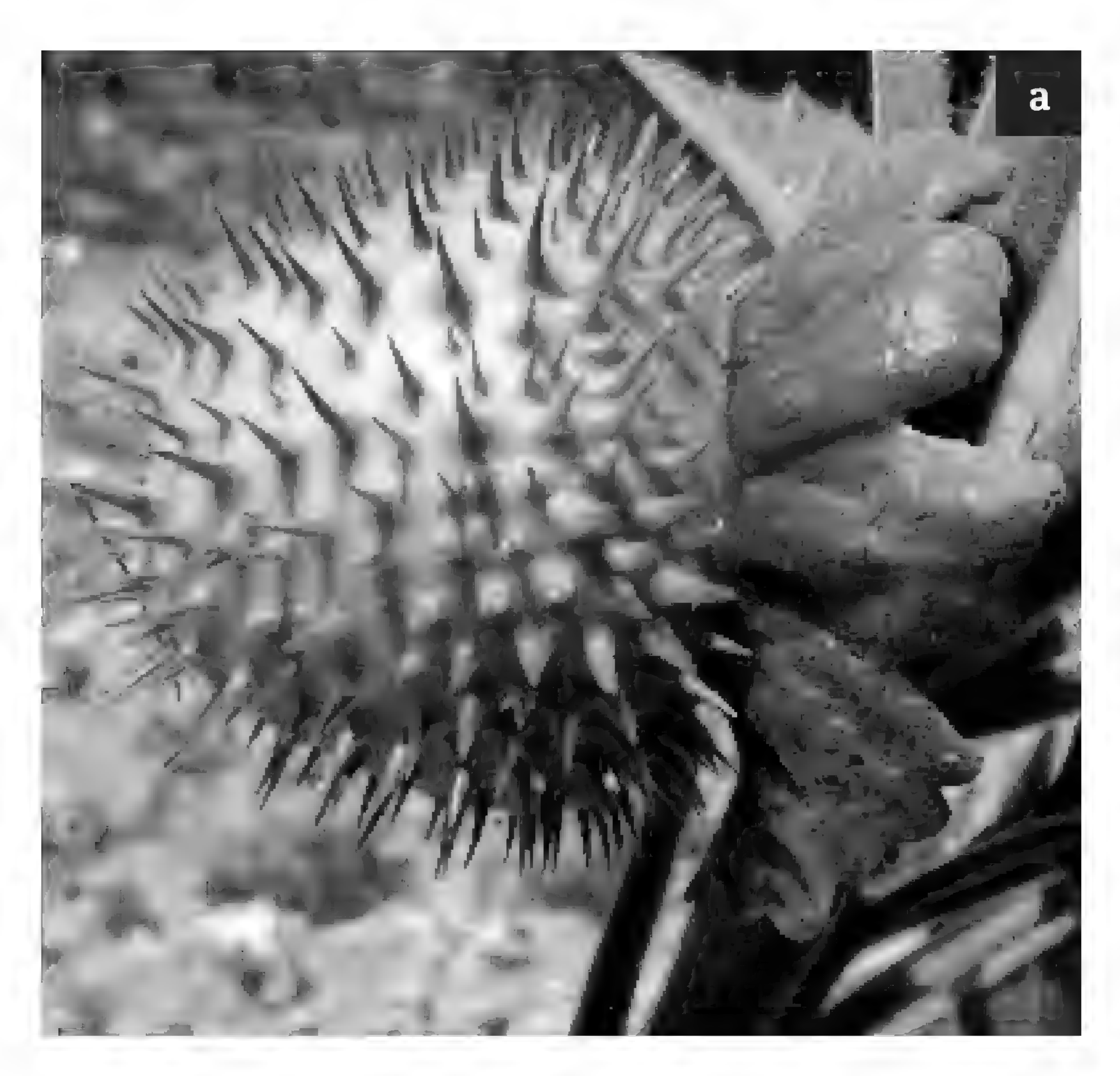




Figura 2. Las plantas del género *Datura* también son conocidas como toloaches. *Datura stramonium* es de las especies más comunes en la Ciudad de México y a la cual se le han hecho estudios cromosómicos. Fotos: Oswaldo Téllez Valdés (a) y Pedro Tenorio Lezama/Banco de Imágenes CONABIO (b).

México, Palomino y colaboradores (1988) evaluaron la diversidad cromosómica en plantas del genero *Datura*, utilizando análisis cariotípicos en cinco especies mexicanas de este género, una de las cuales, *Datura stramonium*, se distribuye en la Ciudad de México. Los resultados muestran que todas las especies fueron diploides y no presentan cambio en números cromosomales básicos, pero sí existen diferencias estructurales.

Sólo en *Datura stramonium* (Federov 1974) se encontraron poblaciones euploides naturales y ningún poliploide. La ocurrencia poco frecuente de este fenómeno en la naturaleza sugiere que la euploidía y aneuploidía, no son mecanismos evolutivos en *Datura* y al parecer la poliploidía no es tan importante al menos en las especies estudiadas. Lo anterior indica que otros mecanismos, tales como las variaciones en micro-cromosomas[15] (Spurna *et al.* 1981) o la presencia y posición de satélites,[16] son mecanismos más importantes para la adaptación y por lo tanto claves para proponer estrategias de conservación no sólo en este género, sino en angiospermas en general, que presenten mecanismos similares.

Aun cuando *D. stramonium* y *D. discolor*, con base en la morfología han sido consideradas especies pertenecientes a diferentes secciones, comparten valores similares en cuanto a características citológicas, incluido el número de cromosomas con satélites y la longitud de la cromatina[17] entre otros. La presencia de grandes cantidades de regiones cromosomales que permanecen inactivas o empaquetadas y que no se transcriben, lo mismo que la presencia de satélites y la mayor cantidad de cromatina, incrementa la posibilidad de plasticidad en el genoma (Schweizer y Ehrendorfer 1976). Esto a su vez confiere una gran plasticidad ecológica, es decir, una capacidad de adaptarse a los cambios ambientales como la tolerancia al daño foliar y a ocupar nuevos nichos.

[15] Tipo de cromosoma muy pequeño presentes en plantas y animales.
[16] Secuencias repetidas y cortas de adn que no se expresan.
[17] adn empaquetado en el núcleo.

Estudiar el origen de dichas características citológicas permite comprender mejor las estrategias reproductivas y las condiciones en que se da la fecundación cruzada o autofecundación y determinar qué cambios citológicos han ocurrido en relación con los cambios climáticos y ambientales, tanto en la escala evolutiva como en la ecológica.

Variación genética y su relación con la tolerancia por defoliación

En cuanto a las investigaciones en genética, Fornioni y Núñez-Farfán (2000) estudiaron en la REPSA: la producción anual de *Datura stramonium* (tasa de crecimiento y producción total de flores y frutos y el número de semillas por fruto), la relación entre la variación genética y la tolerancia por defoliación de su herbívoro especializado, el escarabajo de la papa (*Lema trilineata*) y los costos de dicha adaptación a la tolerancia. Los resultados mostraron que niveles altos de defoliación redujeron la adaptación de las plantas de 15 a 25%.

Dentro de los niveles de defoliación, la variación genética fue determinante en la capacidad de adaptación de las plantas. Los autores sugieren que esta variación genética asociada a la tolerancia pudo deberse a las diferencias entre las líneas reproductivas y a su capacidad de superar el daño foliar; o bien a los costos de inducir metabolitos secundarios que protejan contra la defoliación, por lo que se deben evaluar estos factores por separado. Una publicación por Kariñho-Betancourt y Núñez-Farfán (2015) da muestra empírica de la evolución independiente de estas estrategias de defensa de las plantas y concluye que la resistencia o tolerancia no disminuye la herbivoría, si no que mantiene la adecuación a través de mecanismos compensatorios después del daño.

Andraca-Gómez (2009) comparó la genética molecular de poblaciones, entre *D. stramonium* (figura 3*a*), con una distribución más amplia y el insecto herbívoro *Lema trilineata* (figura 3*b*). En este estudio se obtuvieron datos genéticos

a partir de nueve isoenzimas para el herbívoro y cinco microsatélites nucleares para la planta de la población de la REPSA y otras del centro de México.

Se encontró que esta planta tiene mayores niveles de diferenciación genética que su herbívoro y tanto las poblaciones de planta como las poblaciones del herbívoro presentaron valores altos de variación genética en la REPSA. En *D. stramonium* no se detectó poliploidía o reproducción asexual por medio de semillas (Núñez-Farfan *et al.* 1996), 29% de la variación genética fue interpoblacional y 71% intrapoblacional.

Las diferencias en polimorfismo[18] y en el valor de endogamia[19] en *Datura* y *Lema*, reflejan diferencias en los sistemas reproductivos. *D. stramonium* se autopoliniza y muestra menos polimorfismos, *Lema trilineata* es dioica con más polimorfismos intrapoblacionales (Núñez-Farfán *et al.* 1996, Stone y Motten 2002). Lo anterior revela distintos mecanismos que han permitido la variación genética y obliga a reconsiderar las estrategias de conservación en función no sólo de la diversidad genética sino de conocer y mantener los sistemas reproductivos que las producen.

La diferenciación entre poblaciones fue mayor para la planta que para su herbívoro; en contraste, los valores bajos de endogamia del herbívoro evidencian un mayor flujo genético entre poblaciones.

Este estudio muestra en el herbívoro una relación entre las poblaciones de la REPSA y las del Estado de México (las cuales forman parte de la cuenca del Pánuco) y en la planta una relación entre las poblaciones de Hidalgo, Puebla y REPSA; es decir, las poblaciones han mantenido una tasa de migración permanente (flujo génico), independientemente de la distancia no hay aislamiento genético.

[18] Variaciones de un gen en distintos alelos.
[19] Véase la "Introducción".





Figura 3. En la REPSA se han realizado comparaciones moleculares de la relación de la planta estramonio (*Datura stramonium*) (*a*) y el coleóptero herbívoro (*Lema trilineata*) (*b*). Fotos: Roberto Terrón Sierra.

Aunque este flujo provee variación, también puede reducir el efecto de la selección local, homogeneizando la variación entre poblaciones. Sin embargo, tanto en *Datura* como en *Lema*, el flujo no limitó la adaptación local al interior de cada una de las poblaciones, lo cual permitió que covariaran. Esto se vio reflejado en la genética de cada población y da evidencia de que, la adaptación local es probablemente consecuencia de una fuerte selección en el efecto de la planta sobre el herbívoro y viceversa. Aun cuando no se encontró correlación de estructuras genéticas entre planta y herbívoro que probarían la existencia de coevolución, al reescalar los análisis según las cuencas hidrológicas, hay evidencia de dicha correlación sobre todo en poblaciones del Balsas.

Estos estudios sobre interacciones planta-animal tienen una notable implicación en el control de plagas, por lo que conocer genéticamente cómo se regulan dichas interacciones y cuál es el efecto de las barreras geográficas, es de suma importancia.

Otro herbívoro muy relevante en la REPSA es el saltamontes *Sphenarium purpurascens*, sobre el cual se han escrito diversas publicaciones acerca del papel tan intrincado que juega en el funcionamiento del ecosistema de la reserva (Castellanos-Vargas y Cano-Santana 2009); sin embargo, aún no se han hecho estudios de su diversidad genética poblacional.

Asteráceas

Esta familia se caracteriza por tener flores dispuestas en una inflorescencia compuesta denominada capítulo, la cual está rodeada de una o más filas de brácteas.[20] El nombre Asteraceae proviene del griego *áster*, que significa estrella, y hace alusión a la forma de su inflorescencia. Esta familia, también denominada Compositae, presenta la mayor diversidad dentro de las plantas con flor (angiospermas); al reunir más de 23 mil especies (Stevens 2001, Jeffrey 2007), algunas de las cuales tienen una considerable importancia ecológica y económica.

Además de tener una amplia distribución geográfica, las asteráceas poseen la mayor riqueza y diversidad biológica y una considerable variación de números cromosómicos que se atribuye principalmente a eventos de poliploidía, disploidía[21] y aneuploidía (Funk *et al.* 2005, Semple y Watanabe 2009). Aún cuando existen estudios sobre números cromosómicos para especies de asteráceas de México, hasta la fecha no existían estudios citológicos que mostrarán tal variación para alguna flora o hábitat en particular, como el que ha llevado a cabo Soto-Trejo y colaboradores (2011) en la REPSA.

Es probable que la gran riqueza de este grupo se relacione de alguna forma con la prevalencia de la dispersión por el viento de sus porpágulos,[22] lo que facilita su propagación a grandes distancias y amplifica su distribución. Sin embargo, este único carácter no parece ser suficiente para explicar el alto número de especies de asteráceas que coexisten en la REPSA; otro factor podría ser la alta tasa de producción de semillas, pero no hay evidencia suficiente sobre ello (Castillo-Agüero *et al.* 2009).

Sistemas reproductivos y evolución cromosómica

De las 105 especies de asteráceas reportadas en la REPSA que se registran como dominantes, Castillo-Argüero y colaboradores (2009) estudiaron 30% y encontraron que existe una amplia variedad de números cromosómicos (número total de cromosomas en un organismo) y números cromosómicos básicos.[23] En la REPSA se reportaron números cromosómicos que van desde 2n=10 en *Pichris echoides* (lengua de buey) hasta 2n=60 en *Pittocaulon praecox*

[20] Estructura de color distinto en la base de la flor o involucro que suele ser verde.

[21] Cuando en un mismo género se dan distintos números cromosómicos básicos.

[22] Cualquier estructura de un organismos de la cual se pueda originar otro.

[23] Número de cromosomas de un genomio (x); por ejemplo, el palo loco tiene un número cromosómico de 60 y nivel de ploidia 2x (diploide), por lo tanto el número cromosómico básico es 30.

(palo loco, figura 4), y números cromosómicos básicos con una gran diversidad, de x=5 a x=30. Esta amplia variedad de números cromosómicos y números cromosómicos básicos para las especies estudiadas de Asteraceae reflejan la compleja evolución de la familia (Soto-Trejo *et al.* 2011), en donde el principal mecanismo de variación cromosómica es la poliploidía (Semple y Watanable 2009).

De las especies de asteráceas reportadas en la REPSA, más de la mitad tienen un comportamiento de maleza y esto explica su aumento ante los disturbios. Su presencia y rápida capacidad de expansión posibilitan que influya de manera determinante en la dirección de la sucesión en este ecosistema; además de que el rápido incremento de su densidad puede llegar a excluir a diversas especies, muchas de las cuales tienen funciones importantes, como la estabilización del suelo (Segura-Burciaga y Meave 2001). Para conocer qué especies representan una mayor amenaza en términos de propagación y desplazamiento de otras especies funcionales y cómo se ha dado la sucesión de especies distinguiendo entre especies nativas e introducidas, es necesario conocer los sistemas reproductivos y la relación que esto tiene con la evolución cromosómica y a su vez con la capacidad adaptativa

Es muy importante comprender cómo las características genéticas de las especies están relacionadas con su estatus, es decir "raras" o "invasoras" porque esto puede ayudar a enfocar eficientemente los esfuerzos en conservación y manejo e inferir los mecanismos que afectan el estatus de las plantas. Esto es particularmente importante para el caso de la invasividad, en la cual acciones proactivas son necesarias para restringir el establecimiento de plantas potencialmente invasivas.

Comelináceas

La familia Commelinaceae comprende hierbas semisuculentas, perennes o anuales conocidas como "hierbas del pollo". Incluye 47 géneros y más de 730 especies distribuidas en zonas tropicales, subtropicales y templadas del mundo,



Figura 4. El palo loco (*Pittocaulon praecox*) es una de las 105 de asteráceas presentes en la repsa y a la que se le han estudiado sus números cromosómicos. Foto: Oswaldo Téllez Valdés/Banco de imágenes de CONABIO.

aunque están particularmente representadas en Centroamérica y México (Owens 1981).

En México se conocen 118 especies nativas (Espejo y López Ferrari 1995) y en las regiones adyacentes al Bajío se reportan 48 (Espejo *et al.* 2009). En La **REPSA** se han reportado dos especies: *Commelina coelestis* y *Tinantia erecta* (Rojo y Rodríguez 2002).

La familia ha sido dividida en dos tribus con base en las inflorescencias: las Tradescantieae, sólo del nuevo mundo, y las Commelinaea, del nuevo y el viejo mundo (Hunt 1975). En cuanto al género *Commelina*, los mecanismos más notables en su evolución cromosómica y diferenciación de especies son las alteraciones estructurales acompañadas de alopoliploidías (introgresión de genes de otras especies) (Fujishima 1982).

Rearreglos cromosonales como mecanismo para generación de razas y especies

En un estudio llevado a cabo por Palomino y colaboradores (1990), se determinaron números cromosómicos y cariotipos de seis especies de commelináceas: *Tradescantia crassifolia-acaulis*, *Commelina communis*, *Cymbispatha comelinoides*, C. *diffusa* (tripa de pollo, figura 5*a*), *C. coelestis* (hierba de pollo, figura *Gibasis schiedeana*. Las tres últimas se distribuyen en la Ciudad de México y las últimas dos en la **REPSA**.

Los resultados indican que las poblaciones no variaron en número cromosómico y cada especie tiene un cariotipo bien definido. Se corroboró que los re-arreglos cromosomales [24] son mecanismos que pueden originar razas citológicas, las cuales a su vez por aislamiento llegan a generar especies diferentes, como ocurre en el género *Gibasis* (Kenton 1983), en el cual dichos cambios y la poliploidía están operando en la formación de razas. También encuentran que la misma especie, viviendo en diferentes ambientes, puede mostrar diferencias en sus cariotipos (Palomino *et al.* 1990).

[24] Cambios en la estructura cromosomal.



Figura 5. Plantas de la familia Commelinaceae: *a*) tripa de pollo (*Commelina diffusa*) y *b*) hierba de pollo (*C. coelestis*). Fotos: *a*) Carlos Gerardo Velazco Macías y *b*) Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes **CONABIO**.

En el caso de *Gibasis schediana*, se ha reportado que el intercambio de cromosomas y cromátidas, da lugar a organismos con cuatro juegos de cromosomas (4n) adquiridos por autopoliploidía[25] y organismos diploides (2n) (Jones 1974). Jones y colaboradores (1975) y Kenton (1983) estudiaron diversas colecciones de *Gibasis* en México y concluyeron que el mecanismo principal involucrado en la variación y evolución de los cariotipos de estas especies es el intercambio de cromosomas heterócigos.

El intercambio cromosómico causa la formación de tétradas anormales, que originan 8.5% de polen no viable. La presencia de heterocigosidad por intercambios mayores, así como el intercambio de cromátides, juega un papel importante en la evolución de la especie, determinando de forma indirecta el éxito reproductivo de las plantas (Jones *et al*. 1975). Lo anterior se debe a la formación de un cierto porcentaje de gametos no viables y de la diversificación genética y específica a partir del proceso de diploidización, el cual mantiene gametos con el doble de información; es decir, durante la meiosis la información genética no se reduce.

Regulación genética y mecanismos citogenéticos de la biodiversidad

En el estudio de *Gibasis schiedeana* realizado por Martínez y Palomino (1997) en distintas poblaciones de la REPSA, se comprobó la hipótesis del intercambio heterócigo de cromosomas; en éste reportan que 59.2% de las células tienen el patrón diploide, mientras que 37.9% es tetraploide. Estos porcentajes evidencian que la acumulación de intercambios de cromosomas heterócigos durante la meiosis,[26] producen una diferenciación gradual en el genoma que altera la regulación genética, como sucede en el maíz (*Zea mays*) (Giles y Randolph 1951). Esta regulación es importante en el mejoramiento de plantas, ya que determina, entre otras cosas, la dominancia nucleolar;[27] es decir, fija qué líneas parentales serán transcritas o silenciadas y, por tanto, qué características van a predominar; los mecanismos moleculares que determinan la dominancia aún no son claros (Pikaard 2003).

Lo antes presentado permite comprender los mecanismos adaptativos de las plantas ruderales, las cuales tienen una gran plasticidad citogenética y en poco tiempo pueden extenderse a diferentes ambientes, generar nuevas razas, hibridar con otras especies o generar nuevas especies a partir de las parentales por los mecanismos antes descritos.

Un ejemplo de esta plasticidad es el hecho de que en *Commelina comunis*, maleza muy extendida en cultivos modificados *Round up Ready*[28] de maíz y soya en los Estados Unidos, se ha reportado un incremento en la resistencia a los herbicidas, en particular el glifosfato, y ha sido muy difícil de manejar (Fawcett 2002). Sin embargo, habría que probar si existe transferencia genética horizontal de la resistencia al herbicida glifosfato de estos cultivos hacia la maleza, o qué características genéticas y citogenéticas le han conferido de forma natural dicha resistencia o tolerancia.

Leguminosas

Una parte importante de la riqueza florística de la REPSA corresponde a las especies clasificadas en 15 géneros de la familia Leguminosae (Valiente-Banuet y Luna 1990); entre ellas, las especies *Cologania grandiflora* y *Erythrina americana* (colorín). El grupo *Cologania* (Papilionoideae, Phaseoleae, Glycininae) se distribuye desde los Estados Unidos de América hasta Sudamérica, e incluye 10 especies, todas presentes en México (siete endémicas) (Sousa y Delgado 1998, Lee y Hymowitz 2001). *Cologania grandiflora* es una

[25] Véase la "Introducción" de esta contribución: población poliploide que derivó de la misma especie por a través de la no reducción gamética.

[26] Fase del ciclo celular en donde se recombinan los cromosomas y se reduce el número cromosómico (como ocurre en los gametos o células reproductivas).

[27] Fenómeno epigenético que se da en organismos híbridos, en donde el silenciamiento de los genes se da por una falla (constricción cromosómica) en la formación del organizador nucleolar (donde se transcriben los ribosomas), se hereda de un padre y puede ser reversible en siguientes generaciones.

[28] Cultivo transgénico resistente al herbicida glifosfato. Las primeras variedades de maíz resistentes al glifosfato fueron comercializadas en 1996 por Monsanto.

especie subendémica del valle de México que se encuentra en la lista de especies amenazadas elaborada por Rzedowski y Rzedowski (1993).

En México, se encuentran 28 especies del género *Erythrina*, de las cuales 17 son endémicas (Sousa y Delgado 1998). Éstas son principalmente arbóreas o arbustivas y 10 son hierbas perennes (Neill 1988). *Erythrina americana* es un árbol pequeño que se distribuye desde Arizona hasta México, donde comúnmente se conoce como colorín y se le utiliza principalmente como árbol de ornato (Kelly y Delgado Salinas 2010).

Números y tamaños cromosómicos como legados ancestrales de biodiversidad

La tribu Phaseoleae muestra un agrupamiento citogenético bastante uniforme y, con excepción de la subtribu Erythrininae (x=21), tiene un número cromosómico básico predominante x=11 (n=11, 2n=22) (Goldblatt 1981). *Cologania* y *Erythrina* representan algunos de los escasos grupos poliploides en la tribu y la mayoría de sus cromosomas son de talla pequeña (Lackey 1980). El estudio publicado por Tapia-Pastrana y Jiménez-Salazar (2012) confirmó tales características y encontró un número cromosómico diploide 2n=44 para *C. glandiflora* (figura 6*a*), siendo éste el primer registro para la especie, mientras que en *E. americana* (figura 6*b*) fue 2n= 42.

El consistente número cromosómico encontrado en *Erythrina* de x=21 ha sido interpretado como un legado de un ancestro alopolipoide derivado de plantas con n=11 + n=10, (Lackey 1980). En esta especie la existencia de un único par cromosómico portador de satélites apoyaría esta propuesta, pues en los alopoliploides es común el efecto de supresión de la función nucleolar, debido a la dominancia nucleolar antes explicada (Preuss y Pikaard 2007). Un mismo origen alopoliploide puede argumentarse en *C. grandiflora*.

Otro hallazgo interesante en las leguminosas ha sido la relación inversa entre el nivel de ploidía y el tamaño de los cromosomas, es decir, las especies diploides muestran longitudes mayores que las tetraploides. *Cologania grandiflora* (figura 6*a*) y *E. americana* (figura 6*b*) representan algunos de los escasos grupos poliploides de la tribu, estas especies tienen números cromosómicos elevados y tallas cromosómicas pequeñas. Los resultados de este estudio confirman tales características, pero serán necesarios más investigaciones sobre la evaluación cariotípica de un mayor número de especies en los paleopoliploides *Cologania* y *Erythrina* para corroborar dicho fenómeno.

La poliploidía ha sido un importante proceso en la evolución de las plantas que puede contribuir en el aislamiento reproductivo, la expresión genética de características nuevas, así como en la divergencia y especiación (Adams y Wendel 2005, Comai 2005, Hegarty y Hiscock 2008, Soltis y Burleigh 2009). También es un factor importante en la reproducción de plantas porque puede influenciar la compatibilidad reproductiva, la fertilidad y las características fenotípicas (Soltis *et al.* 2004, Chen y Ni 2006, Jones y Ranney 2009).

En algunos casos, la inducción artificial de la poliploidía puede potenciar las características ornamentales, incluyendo hojas más gruesas y flores más grandes con pétalos gruesos que perduran por más tiempo (Kehr 1985); por ello, un conocimiento más profundo y específico de los niveles de ploidia en especies y cultivares, es una información relevante para los productores de flores.

Cactáceas

La especie *Mammilaria san angelensis* (figura 7) es un cactus reportado como cercano a la extinción (Fitz Maurice y Fitz 2002), y ha sido exitosamente micropropagado *in vitro* (Martínez-Vázquez y Rubluo 1989). De la población derivada *in vitro* se obtuvieron ocho semillas, provenientes de los últimos cinco individuos silvestres que quedaban (Martínez-Vázquez y Rubluo 1989).





Figura 6. Plantas de la familia Leguminoseae, *a*) *Cologania grandiflora* y *b*) colorín (*Erythrina americana*). Fotos: Oswaldo Tellez Valdéz (a) y Carlos Glindo Leal/Banco de imágenes CONABIO (b).

La influencia de auxinas (reguladores de crecimiento) en la regeneración de la planta fue reportada por Rubluo y colaboradores (1993). Palomino y colaboradores (1999) estudiaron la estabilidad genómica[29] de esta especie en cultivos de plantas regeneradas in vitro a largo plazo con la presencia de auxinas y analizaron el contenido nuclear del ADN y el nivel de ploidía y endoploidía.[30] Los resultados muestran que no existen diferencias entre plántulas jóvenes y adultas derivadas *in vitro*. Las plantas regeneradas permanecen predominantemente en niveles diploides, indistintamente de su tratamiento (con y sin auxina).

En este estudio resulta interesante que las plantas regeneradas fueran 2n aun cuando los explantes originales contenían una gran proporción de células endopoliploides, esto se explica por una pérdida irreversible del totipotencial[31] en células endopoliploides o bien por una ventaja selectiva de las células diploides durante el cultivo y la regeneración.

Esta información tiene importantes aplicaciones en la recuperación de plantas en peligro de extinción y en el mantenimiento de germoplasma, puesto que con las técnicas citogenéticas se puede saber si el genoma permanece estable o no ante factores de crecimiento y los distintos procesos de división celular, lo cual le confiere ventajas y desventajas adaptativas al reintroducirse al ambiente original.

Además de *Mammilaria san angelensis*, dos especies vegetales exclusivas de parajes mexicanos que estaban prácticamente condenadas a la extinción, fueron rescatadas gracias a estudios realizados en el Laboratorio de Cultivo de Tejidos Vegetales (LCTV) del jardín botánico, que es parte del Instituto de Biología de la UNAM. Las plantas se recuperaron a partir de hojas (no de semillas o tallos), de ejemplares de la llamada planta del chocolate, *Cosmos atronsanguineus* y de la orquídea *Bletia urbana*.

[29] Permanencia del tamaño del genoma nuclear.

[30] Duplicación del genoma sin división del núcleo.

[31] Capacidad de una célula de dar origen a otros tipos celulares.



Figura 7. La *Mammilaria san angelensis* es una especie de cactus en peligro de extinción en la que se estudió la estabilidad genética. Foto: Héctor Perdomo Velázquez.

Conclusión y recomendaciones

Ante la destrucción de comunidades naturales del valle de México, la REPSA representa un reservorio genético de plantas silvestres y un laboratorio natural para investigar los mecanismos de adaptación, diversificación y conservación de especies silvestres, y manejo de malezas y plagas. Son necesarios más estudios de citogenética básica y genética molecular, como sustento para desarrollar estrategias adecuadas para la conservación de especies endémicas o en peligro, incluyendo el establecimiento de áreas naturales protegidas (Kenton 1986, Martínez y Parker 1995, Palomino 2000). El análisis sobre cómo las características de diferentes especies se relacionan con aspectos de su estatus han sido considerados tradicionalmente una herramienta en la biología de la conservación (Fisher y Owens 2004).

La invasividad es una característica especialmente valiosa para ser evaluada con base en análisis interespecíficos. Es de gran utilidad identificar aquellas especies que probablemente pueden llegar a ser invasivas, dada la gran diferencia en costos de manejo de malezas, en los diferentes estados de establecimiento (Pysek y Richardson 2010). Por ello, si esta invasión puede predecirse, a través de sus características citogenéticas y morfofisiológicas, entonces podría ayudar a los tomadores de decisiones en "sus esfuerzos para cumplir con los objetivos de conservación, a través de la prevención, control y erradicación rápida y oportuna de dichas especies invasoras que amenazan ecosistemas, hábitats o especies" (artículo 8h de la Convención sobre la Diversidad Biológica, CDB).

Dentro de los grupos estudiados citogenéticamente en la REPSA, la diversidad de familias como las asteráceas y commelináceas, consideradas dominantes, puede atribuirse principalmente a su plasticidad genética y a su capacidad para adaptarse a diferentes condiciones ecológicas. La poliploidía es el principal mecanismo que ha contribuido al proceso de especiación de estas familias, confiriendo re-

arreglos genómicos que podrían estar interviniendo en el origen de nuevas adaptaciones y favoreciendo así la tolerancia a diferentes condiciones ecológicas.

Se recomienda realizar estudios sobre el número y distribución temporal de los eventos de poliploidía durante la evolución de las angiospermas, que permitan mejorar las reconstrucciones históricas de diversas especies y generar datos precisos en sistemas naturales, en los cuáles la poliploidía es un proceso frecuente y recurrente. Realizar análisis comparativos facilitará la inferencia de reglas y principios que controlan el destino de genes duplicados. Esto incrementará el conocimiento de los efectos de la poliploidía sobre la evolución morfológica, las características reproductivas, las rutas metabólicas y otras características que son significativas para la adaptación y especiación; así como elementos esenciales para la conservación de la biodiversidad.

Finalmente, de la misma forma en que la UNAM ha sido reconocida por la Organización de las Naciones Unidas para la Educación, la Ciencia y la Cultura (UNESCO, por sus siglas en inglés) como Patrimonio Cultural Universal; la REPSA debe ser considerada Patrimonio Natural de México, vista como una reserva ecológica de carácter urbano, que adquiere mayor significado por su contribución como reservorio de diversidad genética.

Referencias

Adams, K.L. y J.F. Wendel. 2005. Polyploidy and genome evolution in plants. *Current Opinion in Plant Biology* 8:135-141.

Andraca-Gómez, G. 2009. *Genética de poblaciones comparada, entre Datura stramonium y su herbívoro especialista Lema trilineata*. Tesis de Maestría. UNAM, México.

Barclay, A.S. 1959. New considerations in an old genus *Datura*. *Botanical Museum Leaflets* (Harvard University) 18:245-272.

Bye Boettler, R. y M. Mendoza Cruz. 1998. Biodiversidad de *Datura* (Solanaceae) en México. IB-UNAM. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. P088. México.

Castellanos-Vargas, I. y Z. Cano-Santana. 2009. Historia natural y ecología de *Sphenarium purpurascens* (Orthoptera: Pyrgomorphidae). Pp. 337-343. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.) UNAM, México.

Castillo-Argüero, S., Y. Martínez-Orea, J.A. Meave, *et al*. 2009. Flora: susceptibilidad de la comunidad a la invasión de malezas nativas y exóticas. Pp. 107-133. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Castro, S. y J. Loureiro. 2014. El papel de la reproducción en el origen y la evolución de las plantas poliploides. *Ecosistemas* 23(3):67-77.

Comai, L. 2005. The advantages and disadvantages of being polyploid. *Nature* 6:836-846.

Cox, C.B. y P.D. Moore. 1993. *Biogeography: an ecological and evolutionary approach*. Blackwell, Oxford.

Chen, Z.J. y Z. Ni. 2006. Mechanisms of genomic rearrangements and gene expression changes in plant polyploids. *Bioessays* 28:240-252.

Espejo, A. y A.R. López-Ferrari. 1995. Commelinaceae. Pp. 3-25. En: *Las monocotiledóneas mexicanas, una sinopsis florística. 1. Lista de referencia. Parte IV.* Consejo Nacional de la Flora de México/UAM/ CONABIO.

Espejo-Serna, A., A.R. López-Ferrari y J. Ceja-Romero. 2009. Flora del Bajío y de regiones adyacentes. INECOL, Centro Regional del Bajío, Pátzcuaro. *Fascículo* 162.

Fawcett, J.A. 2002. Glyphosate tolerant Asiatic dayflower (*Commelina communis*) control in no-till soybeans. *Proceedings of the North Central Weed Science Society* 57:183.

Federov, A. 1974. *Chromosome numbers of flowering plants*. Otto Koeltz Science Publ., Koenigstein, Alemania.

Fisher, D.O. e I.P.F. Owens. 2004. The comparative method in conservation biology. *Trends in Ecology & Evolution* 19:391-398.

Fitz Maurice, W.A. y M.B. Fitz. 2002. *Mammillaria sanchez-mejoradae*. En: UICN 2012. UICN Red List of Threatened Species.

Fornioni, J. y J. Núñez-Farfán. 2000. Evolutionary ecology of *Datura stramonium*: Genetic variation and costs for tolerance to defoliation. *Evolution* 54:789-797.

Funk, V.A., R.J. Bayer, S. Keeley, *et al.* 2005. Everywhere but Antartica: using a supertree to undestand the diversity and distribution of the Compositae. *Biologiske Skkrifter* 55:343-374.

Fujishima, H. 1982. Chromosome numbers of *Commelina auriculata* Blume and *C. diffusa* Burm from Japan. *Chromosome Iinformation service*. 33:23–24.

Giles, A. y L.F. Randolph. 1951. Reduction of quadrivalent frequency in autotetraploid maize during a period of 10 years. *American Journal of Botany* 38:12-16.

Goldblatt, P. 1981. Cytology and the phylogeny of Leguminosae. Pp. 427-463. En: *Advances in Legume Systematics.* R.M. Polhill y P.M. Raven (eds.). Royal Botanical Gardens, Kew.

Grant, V. 1985. *The evolutionary process.* W.H. Freeeman and Co. San Francisco.

——. 1989. *Especiación vegetal.* Limusa, México.

Hammer, K., A. Romeike y C. Tittel. 1983. Vorarbeiten zur monographischen Darstellung von Wildpflanzensortimenten: *Datura* L. sections Dutra Bernh., Ceratocaulis Bernh. et *Datura*. *Kulturpflanze* 31:13-75.

Hegarty, M.J. y S.J. Hiscock. 2008. Genomic clues to the evolutionary success of polyploidy plants. *Current Biology* 18:435-444.

Herrera, J.C. 2007. La citogenética molecular y su aplicación en el estudio de los genomas vegetales. *Agronomía Colombiana* 25(1):26-35

Jeffrey, C. 2007. Compositae: Introduction with key to tribes. Pp. 61-87. En: *Families and Genera of Vascular Plants, vol. VIII, Flowering Plants, Eudicots, Asterales.* J.W. Kadereit y C. Jeffrey (eds.). Springer-Verlag, Berlín.

Jenkins, J.B. 2009. *Genética.* Ed. Reverté.

Jiao, M., M. Luna-Cavazos y R. Bye. 2002. Allozyme variation in Mexican species and classification of *Datura* (Solanaceae). *Plant Systematics and Evolution* 232:155-166.

Jones, K. 1974. Chromosome evolution by Robertsonian translocation in gibasis (Commelinaceae). *Chromosoma (Ber.)* 45:353-368.

Jones, K., D. Papes y D.R. Hunt. 1975. Contributions to the cytotaxonomy of the Commelinaceae. II Further observations on *Gibasis geniculata* and its allies. *Botanical Journal of the Linnean Society*. 71:145-166.

Jones, J.R. y T.G. Ranney. 2009. Fertility of neopolyploid Rhododendron and occurrence of unreduced gametes in triploid cultivars. *Journal American Rhododendron Society* 63(3):131-135.

Kariñho-Betancourt, E. y J. Núñez-Farfán. 2015. Evolution of resistance and tolerance to herbivores: testing the trade-off hypothesis. *PeerJ* 3:e789.

Kehr, A.E. 1985. Inducing polyploidy in magnolias. *The Journal of the American Magnolia Society.* 20:6-9.

Kelly, L.M. y A. Delgado Salinas. 2010. *Los árboles de la UNAM.* IB-unam,, México. En: <*http://www.arboles.org*>, última consulta: 23 de marzo de 2013.

Kenton, A. 1983. Qualitative and quantitative chromosome change in the evolution of *Gibasis*. Pp. 273-282. En: *Kew Chromosome Conference II.* George Allen Unwin.

——. 1986. Importancia de los cromosomas en la especiación y evolución como base para el conocimiento y caracterización de especies vegetales con valor potencial. Pp. 11-36. En: *La aplicación de la citogenética en el conocimiento biológico de los recursos vegetales en México.* G. Palomino (ed.). II Seminario Maximino Martínez, Jardín Botánico-UNAM, México.

Lackey, J.A. 1980. Chromosome numbers in the Phaseoleae (Fabaceae: Faboideae) and their relation to taxonomy. *American Journal of Botany* 67:595-602.

Lee, J. y T. Hymowitz. 2001. A molecular phylogenetic study of the subtribe Glycininae (Leguminosae) derived from the chloroplast DNA rps16 intron sequences. *American Journal of Botany* 88:2064-2073.

Lockwood, T.E. 1973. Generic recognition of Brugmansia. *Botanical Museum Leaflets* (Harvard University) 23:273-284.

Lot-Helgueras, A. 2008. 25 años de la reserva del Pedregal de San Ángel. *Ciencias* 1: 30-32. En: <*http://www.alumno.unam.mx/algo_leer/Pedregal.pdf.*>, última consulta: 15 de septiembre de 2015.

Lot, A. y Z. Cano-Santana. 2009. *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel.* UNAM, México.

Luna-Cavazos, M y R. Bye. 2011. Phytogeographic analysis of the genus *Datura* (Solanaceae) in continental México. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 82:977-988.

Martínez-Vázquez, O. y A. Rubluo. 1989. *In-vitro* mass propagation of the near extinct *Mammillaria san-angelensis* Sánchez Mejorada. *Journal of Horticultural Science* 64:99-105.

Martínez, A. y J.S. Parker. 1995. Biodiversity and conservation: a role for the chromosomes. Pp. 1-7. En: *Kew Chromosome Conference IV*. P.E. Brandham y M. D. Bennett (eds.). Royal Botanic Gardens, Kew.

Martínez, J. y G. Palomino. 1997. Evidence of heterozygous chromosome interchange and chromatid exchange in autotetrapoid cytotype of *Gibasis schiedeana* (Tradescantieae- Commelinaceae). *Cytologia* 62:275-281.

McLaughlin, S.P. 1994. Floristic plant geography: the classification of floristic areas and floristic elements. *Progress in Physical Geography* 18:185-208.

Nee, M. 1986. Solanaceae i (ii). En: *Flora de Veracruz*. V. Sosa (ed.). Fascículo 49. INECOL. Xalapa, Veracruz, México.

Neill, D.A. 1988. Experimental studies on species relationships in *Erythrina* (Leguminosae: Papilionoideae). *Annals of the Missouri Botanical Garden* 75:886-969.

Núñez-Farfán, J., R.A. Cabrales-Vargas y R. Dirzo. 1996. Mating system consequences on resistance to herbivory and life history traits in *Datura stramonium*. *American Journal of Botany* 83:1041-1049.

Olmstead, R.G., L. Bohs, H.A. Migid, *et al*. 2008. A molecular phylogeny of the Solanaceae *Taxon* 57(4):1159-1181.

Otto, S.P. y J. Whitton. 2000. Polyploid incidence and evolution. *Annual Review of Genetics* 34:401-437.

Otto, S.P. 2007. The evolutionary consequences of polyploidy. *Cell* 131(3):452-462

Owens, S.J. 1981. Self incompatibility in the Commelinaceae. *Annals of Botany* 47:567-581.

Palomino, G., R. Viveros y R. Bye. 1988. Cytology of five Mexican species of *Datura* (Solanaceae). *Southwestern Naturalist* 33:85-90.

Palomino, G., B. Vázquez, P. Martínez y P. Mercado. 1990. Estudios cromosómicos en seis especies mexicanas de comelinaceas. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 50:77-87.

Palomino, G., J. Dolezel, R. Cid, *et al*. 1999. Nuclear genome stability of *Mammillaria san-angelensis* (Cactaceae) regenerants induced by auxins in long term in vitro culture. *Plant Science* 141:191-200.

Palomino, G. 2000. Genome analysis of Mexican Flora. *Genetics and Molecular Biology* 23:921-924.

Parisod, C., R. Holeregger y C. Brochmann. 2010. Evolutionary consequences of autopolyploidy. *New Phytologist* 186:5-17.

Pikaard, C.S. 2003. *Nucleolar dominance*. Encyclopedia of the Human Genome. Macmillan Publishers Ltd, Nature Publishing Group. En: <*www.ehgonline.net*>, última consulta: 14 de abril de 2016.

Preuss, S. y C.S. Pikaard. 2007. rRNA gene silencing and nucleolar dominance: insights into a chromosome-scale epigenetic on/off switch. *Biochimica et Biophysica Acta* 1769:383-392.

Pysek, P. y D.M. Richardson. 2010. Invasive species, environmental change and management and health. *Annual Review of Environment and Resources* 35:25-55.

Rieseberg, L.H. 1997. Hybrid origins of plant species. *Annual Review of Ecology and Systematics* 28:359-389.

Rojo, A. y J. Rodríguez. 2002. *La flora del Pedregal de San Ángel*. INE/SEMARNAT. México.

Rubluo, A., V.M. Chávez, P.A. Martínez y O. Martínez-Vázquez. 1993. Strategies for the recovery of endangered orchids and cacti through in vitro culture. *Biological Conservation* 63:163-169.

Rzedowski, J. y G.C. Rzedowski. 1993. Datos sobre la dinámica de la flora fanerogámica del valle de México, con énfasis en especies nativas raras, en peligro de extinción y aparentemente extintas. *Acta Botánica Mexicana* 25:81-108.

Rzedowski, J. 1993. Diversity and origins of the phanerogamic flora of Mexico. Pp. 129-144. En: *Biological diversity of Mexico, origins and distribution*. T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.). Oxford University Press, New York.

Schweizer, D. y F. Ehrendorfer. 1976. Giemsa-banded karyotypes, systematics, and evolution in *Anacyclus* (Asteraceae-Anthemideae). *Plant Systematics and Evolution* 126:107-148.

Schluter, D. 2001. Ecology and the origin of species. *Trends in Ecology & Evolution* 16(7)372-380.

Schultes, R.E. 1979. Solanaceous hallucinogens and their role in the development of New World cultures. Pp. 137-160. En: *The Biology and Taxonomy of the Solanaceae*. J.G. Hawkes, R.N. Lester y A.D. Skelding (eds.). Academic Press, Londres.

Segura-Burciaga, S.G. 2009. Introducción de especies: la invasión y el control de *Eucalyptus resinifera*. Pp. 533-538. En: *Biodiversidad del ecosistema del Pedregal de San Ángel*. A. Lot y Z. Cano-Santana (eds.). UNAM, México.

Segura-Burciaga, S.G. y J. Meave. 2001. Effect of the removal of the exotic *Eucalyptus resinifera* in the floristic composition of a protected xerophytic shrubland in southern Mexico City. Pp. 319-329. En: *Plant Invasions: Species Ecology and Ecosystem Management*. G. Brundu , J. Brock, I. Camarda, L. Child y M. Wade (Eds.). Backhuys Publishers, Leiden.

Semple, J.C. y K. Watanabe. 2009. A review of chromosome numbers in Asteraceae with hypothesis on chromosomal base number evolution. Pp. 61-72. En: *Systematics, evolution and biography of Compositae.* V.A. Funk, A. Susanna, T.F. Stuessy y R.J. Bayer (eds). IAPT, Viena.

SEMARNAT. Secretaria de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2011. Capítulo 2 Principios básicos de genética aplicados a la genética de la conservación. Pp. 30-34. En: *Manual de genética de la conservación: Principios aplicados de genética para la conservación de la diversidad biológica*. CONAFOR, México.

Soltis, D.E., P.S. Soltis, y J.A. Tate. 2004. Advances in the study of polyploidy since plant speciation. *New Phytologist*. 161:173-191.

Soltis, D.E. y J.G. Burleigh. 2009. Surviving the K-T mass extinction: New perspectives of polyploidization in angiosperms. *Proceedings of the National Academy of Sciences.* eua 106:5455-5456.

Sousa, M. y A. Delgado. 1998. Leguminosas mexicanas: fitogeografía, endemismo y orígenes. Pp. 449-500. En: *Diversidad biológica de México. Orígenes y distribución.* T.P. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (comp.). IB-UNAM, México.

Soto-Trejo, F., G. Palomino y J.L. Villaseñor. 2011. Números cromosómicos de Asteraceae de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Angel (REPSA), México, *Revista mexicana de Biodiversidad* 82:383-393.

Spurna, V., M. Sovová, E. Jirmanová y A. Sustácková. 1981. Characteristics and Occurrence of Main Alkaloids in *Datura stramonium* and *Datura wrightii*. *Planta Med.* 41(4):366-73.

Stevens, P.F. (2001 onwards). *Angiosperm Phylogeny Website. Version 12.* En: <*http://www.mobot.org/MOBOT/research/APweb/*>, última consulta: 12 de julio de 2012.

Stone, J.L. y A.F. Motten. 2002. Anther-stigma separation is associated with inbreeding depression in *Datura stramonium* a predominantly sel-fertilizing annual. *Evolution* 56: 2187-2195.

Symon, D. y L.A.R. Haegi. 1991. *Datura* (Solanaceae) is a new world genus. Pp. 197-210. En: *Solanaceae iii: taxonomy, chemistry, evolution.* J.G. Hawkes, R.N. Lester, M. Nee y N. Estrada (eds.). Academic Press, Londres.

Tapia-Pastrana, F. y A. Jiménez-Salazar. 2012. Los cariotipos de *Cologania grandiflora* y *Erythrina americana* (Leguminosae-Papilionoideae-Phaseoleae) de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel, México. *Revista Mexicana de Biodiversidad.* 82(3):776-781.

Valiente-Banuet, A. y G.E. Luna. 1990. Una lista florística actualizada para la Reserva del Pedregal de San Ángel, México, D. F. *Acta Botánica Mexicana* 9:13-30.

Estudios citogenéticos y genéticos en plantas silvestres y cultivadas

María Guadalupe Méndez Cárdenas

Introducción

La información citogenética y genética molecular es importante para el monitoreo de especies en áreas naturales protegidas, debido a que se puede evaluar su estado de conservación, es decir, la variabilidad genética dentro y entre poblaciones. También permite detectar poblaciones con un tamaño óptimo o una abundancia relativa alta, pero que tienen una baja variabilidad genética y por tanto podrían estar en peligro, debido a que su potencial de respuesta adaptativa ante situaciones ambientales cambiantes es bajo. Además indica la dirección del flujo genético y de las migraciones, lo cual es relevante para establecer áreas de protección especial o bien corredores biológicos. En lo subsecuente se describirán estudios genéticos en plantas tanto silvestres como cultivadas en el suelo de conservación al sur de la Ciudad de México y algunos municipios contiguos del Estado de México.

Plantas silvestres

Varias especies de plantas utilizadas por los antiguos pobladores mexicanos tanto en la época prehispánica como en la conquista, permanecen en uso. Éstas constituyen más de la mitad de los alimentos consumidos en el país; en cambio, otras cayeron en desuso, pero representan un potencial (Perales y Aguirre 2008) como recursos biológicos alternativos, con propiedades nutricionales y medicinales sin explorar.

La subsistencia de las poblaciones rurales del país se basa en una estrategia, que combina diferentes prácticas productivas y el aprovechamiento integral de la diversidad de recursos, incluyendo especies de plantas y variedades bajo diferentes niveles de domesticación. Los consumidores de los parientes silvestres de las plantas cultivadas, son en su mayoría poblaciones indígenas marginadas, para quienes representan un medio de subsistencia, con un mayor alcance o cobertura social que el de los cultivos comerciales (Perales y Aguirre 2008).

Los usos más frecuentes de las plantas silvestres son como alimento y medicina, pero también sirven como materias primas para artesanías, como forrajes, adhesivos, colorantes, aromatizantes y combustibles. Según Caballero y colaboradores (1998), las cinco familias de plantas silvestres con mayor número de especies utilizadas en México son Asteraceae, Leguminosae, Euphorbiaceae, Cactaceae y Labiatae.

Los parientes silvestres de las plantas cultivadas constituyen un reservorio importante de genes, que pueden contribuir a la solución de problemas agrícolas presentes o futuros, tales como resistencia al ataque de plagas y enfermedades (Hernández-Verdugo *et al.* 1998). Sin embargo, los estudios de diversidad genética en plantas silvestres o nativas son escasos y se han centrado en plantas con usos

Méndez-Cárdenas, M.G. 2016. Estudios citogenéticos y genéticos en plantas silvestres y cultivadas. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 464-483

medicinales y ornamentales, entre otros. Dichos estudios han dado un mayor énfasis a la composición química y morfológica de estas plantas más que a sus características genéticas o citogenéticas, como es el caso de los toronjiles. Es decir, se conoce muy poco sobre la diversidad de plantas silvestres con las que contamos y no existen evaluaciones sobre los cambios en esta diversidad.

Uno de los factores principales que pone en riesgo dicha diversidad genética ha sido la pérdida de cultivos como la milpa, que como agroecosistema complejo mantiene el crecimiento de estas plantas silvestres.

Aun cuando en la Ciudad de México se han registrado 40 pueblos originarios[1] (11 en Milpa Alta, 7 en Tláhuac, 8 en Tlalpan y 14 en Xochimilco; IEDF 2013), muy pocos estudios se han llevado a cabo en el ámbito de la etnobotánica y la genética. En esta sección revisaremos dos ejemplos de estudios citogenéticos en especies silvestres con importancia medicinal, de las familias Lamiaceae y Chenopodiaceae, ampliamente utilizadas en la entidad.

Lamiaceae

Agastache mexicana subsp. *xolocotziana* (toronjil)

Agastache es uno de los 236 géneros reportados para la familia Lamiaceae (Harley *et al.* 2004). Este género contiene de 9 a 15 especies, distribuidas desde el sur de Canadá hasta el centro de México. Los toronjiles son plantas herbáceas que crecen en bosques de pino-encino y en huertos familiares (Santillán Ramírez *et al.* 2008). Son de uso frecuente en la terapéutica tradicional de los diferentes grupos étnicos en el país y para la cual representa una alternativa para la salud (Toledo 1995).

Bye y colaboradores (1987) reportaron un nuevo taxón de plantas mexicanas medicinales: el toronjil blanco, *Agastache mexicana xolocotziana*. Según estudios etnobotánicos, tanto *Agastache mexicana* subespecie *mexicana* como la subespecie *xolocotziana* se han utilizado para curar trastornos gastrointestinales, nerviosos y cardiovasculares y "síndromes de filiación cultural"[2] como el susto (Santillán-Ramírez *et al.* 2008). Por ello se han estudiado aspectos farmacológicos (Contreras 1987), quimiotaxonómicos (Estrada-Reyes *et al.* 2004), fotoquímicos (Aguirre 2003) y de fitopropagación (Chávez 1986) de estos grupos.

Bye y colaboradores (1987) obtuvieron especímenes de *Agastache mexicana* subsp. *xolocotziana*; en el mercado de Sonora de la Ciudad de México pero originarios del Estado de Mexico; y del mercado de Milpa Alta, procedentes de Santa Ana Tlacotenco. Esta planta forma parte de un complejo de plantas medicinales de los tres toronjiles, donde el morado y el rojo son de la especie *Agastache mexicana* y el azul o chino (*Dracocephalum moldavica*) son de origen euroasiático. El toronjil blanco se intentó colectar de las montañas del sur del valle de México sin éxito, salvo pocas poblaciones reducidas de toronjil morado.

La subespecie reportada por Bye y colaboradores (1987) difiere del toronjil morado en sus características morfológicas y en sus efectos farmacéuticos, tales como la constricción de la aorta y vejiga (Galindo 1982).

La descripción de esta nueva subespecie pone en evidencia la necesidad de incorporar clasificaciones tradicionales a los estudios taxonómicos, a partir de las cuales se busque conocer a profundidad sus características químicas, como la composición diferencial en aceites esenciales y sus propiedades terapéuticas; y el estudio de sus características genéticas permita dilucidar cuáles han sido los mecanismos de diversificación en especies silvestres.

---

[1] Denominación adoptada por los indígenas americanos como una manera de reivindicar su cultura y sus intereses, destacando su prioridad en la ocupación de un territorio frente al despojo de tierras.

[2] Término de antropología médica referido a un síndrome psicosomático, que se reconoce como una enfermedad que afecta a una sociedad o cultura específica. Concepto de uso controvertido mejor entendido como "[...] aquellos complejos mórbidos que son percibidos, clasificados y tratados conforme a claves culturales propias del grupo y en los que es evidente la apelación a procedimientos de eficacia simbólica" (Zolla *et al.* 1988, p. 31).



Figura 1. Planta medicinal *Agastache mexicana* conocida como toronjil morado. Foto: Jerzy Rzedowski Rotter/Banco de Imágenes de **CONABIO**.

Si bien las relaciones filogenéticas de este grupo aún están bajo estudio, los mismos autores sugieren un origen híbrido entre *A. mexicana* y *A. palmieri* var. *breviflora*, que tienen la misma distribución geográfica. Sanders (1979) identifica dos híbridos silvestres potenciales en los estados de Hidalgo y México, y plantea la posibilidad de que su supervivencia durante el periodo interglaciar posiblemente se debió a su origen poliploide, que los dotó de características que les permitieron resistir el estrés climático; posteriormente sería seleccionado y cultivado por los humanos a lo largo de la Faja Volcánica Transmexicana.

Amaranthaceae (antes Chenopodiaceae)

Teloxys "epazotes mexicanos" y *Chenopodium* son géneros que pertenecen a la familia Amaranthaceae. Las especies del género *Chenopodium* son plantas anuales o perennes, cubiertas de glándulas blanquecinas y tallo de erguido a postrado, simple o ramoso. Las especies silvestres viven en sitios con alto contenido de nitratos, además son tolerantes a la salinidad y desecación. La mayoría de las especies de *Chenopodium* son consideradas malas hierbas y se encuentran frecuentemente en terrenos baldíos, bordes de caminos y campos de cultivo. El *Chenopodium* sp. es usado como laxante, pseudocereal[3] y cereal nutritivo, diurético y antiparasitario (Avello *et al.* 2006). Su importancia radica no sólo en sus propiedades medicinales, sino también en que son una alternativa para reducir la desnutrición en zonas agrícolas marginales; ya que son cultivos de alto valor nutritivo con una producción de traspatio, con potencialidad para fitomejoramiento por selección e hibridización (German *et al.* 2009).

Las especies de este género no comparten un mismo último ancestro común (Kadereit

[3] Son plantas de hoja ancha (no gramíneas) que son usadas de la misma manera que los cereales. Su semilla puede ser molida a harina y así utilizada. Ejemplos de pseudocereales son: amaranto, kiwicha, huautli, *Amaranthus hypochondriacus*, quinoa, *Fagopyrum*.

et al. 2010, Fuentes-Bazán *et al.* 2012), por lo que se esperan cambios en sus relaciones taxonómicas. Palomino y colaboradores (1990) examinaron los cariotipos y el número cromosómico en plantas del Herbario Nacional de la UNAM, analizando poblaciones de *Chenopodium album* de la delegación Milpa Alta, *C. berlandieri* y *C. berlandieri* subsp. *nuttalliae* (huauzontle y variedad chía roja; figura 2), de la delegación Xochimilco, y *C. ambroides* (epazote; figura 3), del Estado de México.

Con base en estos estudios y así como en las diferencias anatómicas, químicas, morfológicas y moleculares dentro de *Chenopodium* (en sentido amplio), se apoya el reconocimiento taxonómico de las especies del género Teloxys. El epazote es ahora *Disphania ambrosioides* y se agrupa en el género Disphania.

En el 2008, en un estudio sobre el tamaño del genoma nuclear y los cromosomas realizado por Palomino y colaboradores, se encontraron diferencias entre cultigenos vegetales[4] de quelite, huauzontle y chía roja (*Chenopodium álbum*, *C. berlandieri* y *C. berlandieri* subsp. *nuttalliae*); las diferencias fueron insignificantes para la quinoa (*Chenopodium quinoa*). La quinoa es un alimento nutritivo que presenta un alto nivel de saponinas. Estas sustancias pueden ser tóxicas al formar esteroles, por lo que es importante seleccionar aquellas que mantengan el menor contenido. Se ha sugerido que si la quinoa se planta junto con la chía roja, que tiene un nivel inferior de saponinas; se podría reducir su contenido de saponinas después de varias generaciones de entrecruzamiento, al permitir que los genes de la chía se fijen en la población de quinoa por hibridización (Bournouf-Radosevich y Paupardin 1985, Ruas *et al.* 1999).

El conteo de cromosomas y la estimación del tamaño del genoma de *C. berlandieri* subsp. *nuttalliae* y sus cultígenos, son un requisito importante para avanzar en la reproducción

[4] Planta o grupo conocido únicamente en cultivo; regularmente originado por domesticación; contrasta con nativo.



Figura 2. Huauzontle (*Chenopodium berlandieri*). Foto: Robert Bye Boettler/Banco de Imágenes de CONABIO.



Figura 3. Elaboración de alimentos con epazote (*Chenopodium ambrosoides*). Foto: Diana Kennedy/Banco de Imágenes de CONABIO.

de cultivos seleccionados (Dolezel *et al.* 2007) con características idóneas y de importancia nutricional, medicinal y con bajo contenido en elementos tóxicos.

En el género *Dysphania*, en donde ahora se encuentra el epazote, se incluyen: 12 especies nativas de Centro y Sudamerica; cuatro variedades de *D. ambrosioides* (epazote) *andicola*, *antihelmintica*, *chilensis*, *oblanceolatum*; y dos subespecies *venturi* y *burkatii*, (Mosyakin y Clemants 2008). Estos autores apoyan la distinción entre *Dysphania* y *Chenopodium* (Mosyakin y Clemants 2002). Estos y otros estudios sobre las relaciones filogenéticas y la variación genética entre poblaciones permitirán diagnosticar la variación entre las distintas poblaciones y al interior de cada población y con ello clasificar mejor sus propiedades químicas, y mediante el entrecruzamiento, mejorar su productividad y resistencia a condiciones extremas y sus cualidades fitoquímicas para su uso tanto medicinal como nutricional (Dolezel *et al.* 2007).

Plantas cultivadas

La diversidad de plantas cultivadas está estrechamente vinculada a los conocimientos del cultivo tradicional, a su domesticación y a los ritos culturales que los acompañan, y por tanto, a la diversidad cultural de los pueblos originarios. La domesticación es la forma en cómo los grupos humanos generaron y desarrollaron conocimientos, técnicas y prácticas culturales para la transformación, consumo y conservación de los alimentos; con los cuales mejoraron las cualidades alimenticias de las plantas y al mismo tiempo ampliaron su capacidad de seleccionar las características deseadas en ellas (Mera y Mapes 2010). Estos sistemas comunitarios de producción son un ejemplo del potencial y la capacidad creativa de las redes sociales y productivas en economías informales, que han mantenido la diversidad de cultivos y con ello la diversidad genética de plantas domesticadas y sus parientes silvestres (Álvarez-Buylla 2009).

La domesticación de plantas es un evento evolutivo relativamente reciente, por lo que se

espera que la mayoría de sus ancestros silvestres continúen vivos. Como hemos visto en la sección anterior, estos antepasados se han identificado utilizando diversas herramientas de la biología molecular, taxonomía, citogenética y genética de poblaciones, entre otros.

La mayoría de los cultivos base de la alimentación mundial fueron domesticados en Mesoamérica, y es en dicha región donde se concentra todavía una gran diversidad genética de estas especies, incluyendo la de las especies silvestres.

México es centro de origen primario de muchas plantas cultivadas (Vavilov 1951). En la Ciudad de México el maíz, nopal y amaranto son los cultivos nativos principales (SEDEREC 2012). El cultivo del agave pulquero, que se sembraba en Milpa Alta y era utilizado por sus fibras (*ixtle*) y para la elaboración del pulque, fue desplazado del mercado por el crecimiento de la industria cervecera en los años treinta (Fernández y Derega 2007). Por el contrario, el cultivo del nopal se introdujo en los años setenta y en la actualidad es uno de los recursos más importantes.

Nopal

Se cree que la divergencia evolutiva de las cactáceas ocurrió entre 70 y 90 millones de años atrás en el lo que actualmente es el continente americano, con un incremento en la aparición de nuevas especies hace 30 o 35 millones de años. Los parientes más cercanos a las cactáceas pudieron parecerse a las verdolagas y didiereas, las últimas confinadas a Madagascar, de las familias Portulacaceae y Didiereaceae, respectivamente (Nobel 1998).

El nopal pertenece a la familia Cactaceae, género *Opuntia* y posee entre 300 (Scheinvar 1995) y 377 especies (Backeberg 1977). De éstas, 104 especies y variedades se encuentran en México en forma silvestre según Bravo-Hollis (1978), o 78 según Guzmán *et al.* (2003); y 60 son endémicas (Nobel 1998). El hábitat natural donde se distribuyen las especies silvestres de *Opuntia* es el matorral xerófilo, uno de los ecosistemas más abundantes en el país.

México ha sido reconocido como el centro de origen y dispersión de este género y es donde se encuentra la mayor diversidad genética a nivel inter e intraespecífico (Bravo-Hollis 1978). Scheinvar y colaboradores (2010) reconocen para México ocho especies silvestres de *Nopalea*, de las 11 conocidas en el mundo, así como 93 especies silvestres y 15 variedades o subespecies del género *Opuntia*, de las cuales 90% son endémicas. Lo anterior representa cerca de 50% de las especies de este género distribuidas en todo el continente.

En *Opuntia*, la hibridación natural es común y se relaciona a la poliploidía (Palomino y Heras 2001, Pinkava 2002), la cual incrementa la variabilidad genética y fenotípica al tener más de dos juegos completos de cromosomas de la misma u otra especie, y es una de las principales causas de diversidad. La hibridación representa una ventaja para el fitomejoramiento con el objetivo de generar plantas tolerantes a heladas, con pencas sin espinas, con mayor tasa de productividad, florecimiento y densidad de brotes, con alto contenido proteico, y con tolerancia a plagas y enfermedades (Mondragón y Pérez-González 2001). Sin embargo, como una respuesta adaptativa a las bajas tasas de germinación y alta depredación de semillas, también es común la reproducción asexual (Del Castillo 1999).

La taxonomía de este grupo es complicada pues sus fenotipos varían en gran medida de acuerdo con las condiciones ecológicas, y el nivel y tipo de poliploidía. Además, un un gran número de sus poblaciones se reproducen vegetativa y sexualmente, y existen numerosos híbridos interespecíficos. Casi todas las especies florecen durante el mismo periodo del año y no existen barreras biológicas que las separen (Reynolds y Arias 2001). Scheinvar (1995) reporta que en las poblaciones silvestres de opuntias, las plantas localizadas en la periferia de la población muestran una mayor variabilidad que aquellas que crecen en el centro,

debido probablemente a la gran exposición que tienen de intercambio genético con otras especies y genotipos.

Los huertos familiares de nopales, comunes en el área central semiárida de México, representan una etapa intermedia de su domesticación y constituyeron la fuente original de plantas para las primeras huertas comerciales (Pimienta-Barrios 1990).

Las principales especies con tipos cultivados son *Opuntia megacantha*, *O. albicarpa*, *O. ficus-indica* y *O. streptacantha* (nopal cardona) (Reyes-Agüero *et al.* 2009). Plantas de *O. occidentalis* (pera espinosa del oeste o higo chumbo) provienen de cruzas entre *O. ficus-indica* (nopal tunero, var. amarilla Milpa Alta, Atlixco, etc.) y *O. megacantha* (tuna jarrilla, tuna roja) (Walkington 1965). Todos los cultivos mexicanos se han reportado como productos de hibridización entre *O. ficus-indica* y diferentes formas silvestres de *Opuntia* (Pimienta-Barrios y Muñoz-Urias 1995).

Dentro de las especies cultivadas, la apomixis (reproducción asexual por medio de semillas) también es un fenómeno ampliamente extendido (Mondragón 1999) y aunque puede derivar en un aumento de homocigosis, permite la fijación indefinida de genotipos altamente adaptados a su ambiente.

En la ciudad se han reportado 16 especies silvestres y 37 registros de herbario (Gaytan-Villafuerte *et al.* 2010). Según datos de SAGARPA-SIAP en Milpa Alta, en el 2013 se sembraron 4 327 ha de nopalito (*Opuntia ficus-indica*) y en Tláhuac 4 ha, produciendo un total de 62 y 54 t/ha/año respectivamente (figura 4). Aunque esta especie produce tunas en su madurez, el cultivo milpaltense del nopal-verdura excluye el aprovechamiento de sus frutos. En el 2003 se produjeron 336 255 t que representaban 60% de la producción nacional, y en 2013, 269 848 t (34% de la producción nacional) (SAGARPA-SIAP 2010).

Mondragón (2003) estudió la variación genética del nopal a partir de 32 colectas en la región centro de México, incluyendo cultivares comerciales y selecciones de nopal de tuna y verdura. Por medio de la técnica de



Figura 4. Cultivo de nopal. Foto: Iván Montes de Oca Cacheux/Banco de Imágenes de CONABIO.

polimorfismos en el ADN amplificados al azar (RAPD, por sus siglas en inglés), determinó once grupos, con un coeficiente de parentesco variable donde los nopales cultivados se agruparon juntos y presentaron valores de parentesco altos. En cambio, el coeficiente de parentesco entre las variedades silvestres y domesticadas fue menor, es decir hay más diferencias genéticas.

Los genotipos Roja CNF (fruta y forraje), Milpa Alta (verdura) e Italiano (verdura), todos de *O. ficus-indica*, mostraron patrones de polimorfismos sensiblemente similares (Mondragón 2003). La organización de estos genotipos en el mismo subgrupo y su alto valor de similitud evidencian su parentesco y origen a partir de un grupo pequeño de progenitores. Esta información, sugiere el autor, podría utilizarse en la búsqueda de marcadores moleculares para características deseables, como el color de fruta (Mondragón 2001); y su detección temprana en progenies de cruzas ahorraría tiempo y aceleraría la obtención de nuevos cultivares de colores específicos. Sin embargo, la pérdida de variabilidad genética puede traer consecuencias negativas, como la poca resistencia a plagas, ya que no existen informes sobre fuentes de resistencia en variedades comerciales (Mondragón 2003).

Luna-Páez y colaboradores (2007) caracterizaron 22 variedades de nopal, incluyendo la variedad de Milpa Alta de la Ciudad de México, *O. ficus-indica*, y *O. xoconostle* del Estado de México (de la región de las pirámides de Teotihuacán). A partir del ADN de semilla, utilizaron tanto RAPD como ISSR (inter secuencias simples repetidas). En este análisis de RAPD, las variedades representantes de *O. ficus-indica* (Milpa Alta y Rojo Pelón de Guanajuato) se ubicaron en grupos diferentes, lo que refleja el alto polimorfismo (contrario a lo que encontró Mondragón 2003) y por lo tanto una relación genómica menor entre ellas (Reyes-Agüero *et al.* 2005). En contraste, los ISSR sí agrupan juntas a las dos variedades de *O. ficus-indica*. Esto puede ser un efecto de las técnicas empleadas, que por un lado revelan la alta variabilidad genómica de *O. ficus-indica* que no forma caldos bien definidos, particularmente los RAPD en ADN de semilla; mientras que los ISSR y RAPD de tejido vegetal refieren agrupaciones con mayor parecido entre las variedades consideradas en el estudio.

Otro argumento que explica el alto polimorfismo en *O. ficus-indica*, es la presencia de fragmentos compartidos con variedades de otras especies y pudiera ser posible que su origen sea polifilético (Valadez-Moctezuma *et al.* 2005) y que por su grado de domesticación haya acumulado características agronómicas y morfológicas que las hacen poco distinguibles entre sí. Griffith (2004), al analizar secuencias de ADN de *O. ficus-indica*, concluye que el concepto taxonómico puede incluir clones derivados de linajes múltiples y por lo tanto tiene múltiples orígenes. Pero también existe la posibilidad contraria; es decir, que su origen sea monofilético y que dada su manipulación en diferentes ambientes se hayan fijado caracteres expresados en el tiempo y espacio (Valadez-Moctezuma *et al.* 2005).

Palomino y Heras (2001) llevaron a cabo estudios cariotípicos en *O. cochinera* (cacalote), *O. hyptiacantha* (charola tardia) y *O. strepthacantha* (cardona y cardona de castilla); clasificadas en un mismo grupo de plantas cultivadas (Luna-Páez *et al.* 2007), en individuos pertenecientes a las colecciones vivientes del jardín botánico de la UNAM, de la sierra de Guadalupe (Tlalnepantla y Tepotzotlán), Estado de México y la sierra Vicente Guerrero. Los resultados muestran que estas tres especies mostraron consistentemente el mismo número básico cromosomal $x=11$ (número de genomios por los que se multiplica el número de juegos completos cromosomales) y números cromosomales $2n=8x=88$; pero diferentes tamaños de genoma y número de satélites.

Dado que en otros estudios se han reportado individuos con diferentes niveles de poliploi-

día, como en *O. robusta* (Barrientos-Priego *et al.* 1993, Segura *et al.* 2007) e híbridos entre *O. ficus-indica* "megacantha" y *O. phaeacantha* (McLeod 1975), se vuelve indispensable estudiar la ploidía de cada variedad de *Opuntia*. La hibridación interespecífica (Kiesling 1999) y los diferentes niveles de ploidía resultado de re-arreglos en la información genética (Segura *et al.* 2007), constituyen uno de los principales mecanismos responsables de la variabilidad que puede explicar la gran cantidad de polimorfismos encontrados en este género.

La importancia económica que ha adquirido el nopal en México ha motivado a varios investigadores a estudiar su variación morfológica. Al respecto se tienen buenos avances en la caracterización morfológica de los cultivares, pero aún falta mucho por hacer, sobre todo, para normalizar la nomenclatura científica y para caracterizar genéticamente las poblaciones silvestres, incluyendo los cultivares. No se conocen con precisión los cambios genéticos, producto de la domesticación y mejoramiento que han ocurrido en las últimas décadas, sólo se tienen indicios y además, falta profundizar en el origen y los efectos moleculares y ecológicos de la poliploidía. Esta información es necesaria para conocer la diversidad con la que se cuenta y estudiar qué ventajas adaptativas están generando procesos como la poliploidía, y qué otros mecanismos tienen las plantas para su adaptación a diversos hábitats.

Agave

El género *Agave* es el más diverso de la familia Agavaceae: contiene 166 especies, separadas en dos subgéneros según el tipo de inflorescencia que presentan (Gentry 1982, García-Mendoza y Galván 1995); Littaea (53 especies) y Agave (113 especies) (Good-Ávila *et al.* 2006).

Este género es endémico de América y México (75% de las especies), por lo que es el centro de mayor riqueza y domesticación (Gentry 1982). De las 198 especies que existen en el país, 196 son endémicas (García-Mendoza 1995). Las especies pertenecientes al subgénero *Agave* son polinizadas principalmente por murciélagos, lo que es un factor clave en su alta diversificación (Good-Ávila *et al.* 2006, Flores 2007), y puede tener un efecto importante en la estructura de las poblaciones de sus especies. Aun cuando el género *Agave* es muy diverso y de importancia socioeconómica, por su capacidad productiva en ambientes extremos de temperatura y disponibilidad de agua (Colunga-García *et al.* 2007, García-Herrera *et al.* 2010), son relativamente pocos los estudios que se avocan en explicar la distribución de la diversidad genética de alguna de sus especies (Rocha *et al.* 2006) y ninguno se ha realizado en el sur de la ciudad, donde la actividad pulquera fue muy importante. Por ejemplo, el *Agave salmiana* fue uno de los cultivos más importantes para la producción de pulque en la delegación Milpa Alta, pero ahora es escaso y no existen programas para su recuperación.

Las especies de las cuales se obtiene el pulque son *A. salmiana*, *A. mapisaga* y *A. atrovirens*, que se distribuyen principalmente en el valle de México y en los estados de México, Tlaxcala, Hidalgo y Puebla. En esta región se cultivan principalmente *A. americana*, *A. atrovirens*, agave carrizo (*A. mapisaga*) *A. salmiana* var. *angustifolia* y sobre todo agave manso (*A. salmiana* var. *salmiana*) (Rzedowski y Calderón 1990), así como *A. salmiana* var. *ayoteco* y agave ayoteco.

Alfaro-Rojas y colaboradores (2007) analizaron seis poblaciones o variantes de al menos dos especies de magueyes pulqueros en el nororiente del Estado de México, con el objetivo de diferenciar sus variantes genéticas y determinar la diversidad genética entre y dentro de éstas. Utilizando la técnica de RAPD y midiendo algunas variables morfológicas encontraron que el nivel de variación genética entre poblaciones fue alto, pero al interior de las poblaciones obtuvieron una baja variabilidad genética, siendo menor para el maguey "verde" de Temascalapa, y más del doble con

respecto a éste, en los magueyes "manso" y "ayoteco".

Estas estimaciones sobre heterocigosidad y flujo genético confirman una baja diversidad y migración de individuos entre las poblaciones. El agrupamiento por distancia delimitó dos grupos: el primero incluye a *Agave mapisaga* con "verde" y con *xilometl* de Santa Bárbara, y por otro lado agrupó al maguey "manso" (*Agave salmiana* var. salmania) y los magueyes "negro" (Santa Bárbara) y "ayoteco" con baja variabilidad genética. Los resultados evidencian la carencia de variación y flujo genético.

Es necesario tener programas de mejoramiento en agaves con técnicas de propagación *in vitro*, donde se integren o propaguen características deseables para el productor o la industria, tales como: precocidad, crecimiento rápido, hojas sin espinas (en bordes), más y mejor fibra (larga), mayor rendimiento en peso, resistencia a sequía, humedad, enfermedades o alcalinidad, mayor contenido de azúcares reductores, etcétera (García-Herrera *et al.* 2010).

Aun cuando la clonalidad es una estrategia de historia de vida muy común en plantas, la reproducción clonal produce individuos idénticos genéticamente, por lo que las poblaciones altamente clonales presentarán baja diversidad genotípica (Silander 1985, Eckert *et al.* 2003).

Aunque se ha estudiado poco la diversidad genética de los agaves, los datos disponibles indican que las variedades cultivadas tradicionalmente mantienen una diversidad genética similar a la encontrada en poblaciones silvestres (Rocha *et al.* 2006, Trejo 2006, Vargas-Ponce *et al.* 2009). En contraste, en las poblaciones manejadas en plantaciones comerciales su diversidad ha disminuido hasta llegar prácticamente a la homogeneidad genética, tendencia facilitada por la posibilidad de propagar vegetativamente las variedades seleccionadas y, más recientemente, por la utilización de técnicas de propagación clonal, tal es el caso del agave tequilero (Gil-Vega *et al.* 2006). Dicha homogeneidad genética llevaría a las poblaciones a la extinción o pérdida de cultivos debido a una



Figura 5. Agave pulquero (*Agave salmiana*). Foto: Abisaí García Mendoza/Banco de Imágenes de **CONABIO**.

menor capacidad de respuesta ante plagas o cambios climáticos locales.

Es necesario saber qué tipo de reproducción hay y, si hay propagación clonal, saber de qué tipo es, puesto que también se tienen poblaciones clonales con una alta diferenciación genética, debido a que la clonalidad tiene un efecto importante en la distribución espacial de dicha variabilidad (Rives-Guendulain 2009). Es necesario llevar a cabo estudios de localidades a un nivel más fino, al igual que sobre polinizadores y entrecruzamiento.

Frijol

Se conoce como frijol a diferentes especies del género *Phaseolus* pertenecientes a la familia Leguminosae, tribu Fabaceae: *Phaseolus vulgaris* (frijol común), *P. coccineus* (frijol ayocote), *P. lunatus* (frijol lima) y *P. acutifolius* (frijol tépari). Los frijoles son originarios de América, donde se domesticaron hace más de siete mil años. Se han identificado cuatro razas, tres del acervo mesoamericano (Durango, Jalisco y Mesoamérica) y una del andino (Nueva Granada) (Singh *et al.* 1991, Rosales *et al.* 2005). México es reconocido como centro primario de domesticación y diversidad genética del frijol (Gepts y Debouck 1991). En ese proceso el frijol se convirtió en uno de los tres cultivos básicos de la milpa en México, pues además de ofrecer vainas tiernas para consumo inmediato (ejotes) o semillas secas para su almacenamiento y consumo posterior, ayuda a fijar en el suelo el nitrógeno que el maíz requiere para crecer (Muñoz 2010). El INIFAP ha utilizado la diversidad genética del frijol para producir 142 variedades mejoradas (Rosales *et al.* 2004).

Una clasificación basada en caracteres moleculares y morfológicos resultó en aproximadamente 50 especies de *Phaseolus* incluidas en nueve grupos; dos de los cuales contienen a las cinco especies domesticadas: *P. acutifolius*, *P. coccineus*, *P. dumosus*, *P. lunatus* y *P. vulgaris* (figura 6) (Delgado-Salinas *et al.* 1999). Utilizando datos moleculares obtenidos por Gaitán *et al.* (2000), así como información de entrecruzamiento y evidencia morfológica, Freytag y Debouck (2002) documentan 76 especies de *Phaseolus* para América Central y del Norte, clasificadas en 14 grupos; las cinco especies domesticadas pertenecen a cuatro de los grupos anteriormente mencionados.

En análisis filogenéticos llevados a cabo por Delgado-Salinas y colaboradores (2006) se encontraron ocho grupos bien diferenciados y estadísticamente robustos, excepto cinco posiblemente no domesticadas. Estos grupos muestran alguna diferencia morfológica, ecológica o biogeográfica.

Un estudio realizado por Escalante y colaboradores (1994) sobre la diversidad y estructura genética de poblaciones silvestres de *P. coccineus* var *formosus* y cultivadas de *P. coccineus* y de *P. vulgaris*, de poblaciones de Morelos y la Ciudad de México, entre otras; muestra que en la primera especie, las poblaciones cultivadas y silvestres son similares en cuanto a la variación genética, mientras que *P. vulgaris* muestra baja variación genética.

Los autores concluyen que el proceso de domesticación no redujo los niveles de variación genética en poblaciones cultivadas de *P. coccineus* (figura 7) debido a la alta tasa de entrecruzamiento externo, lo que contrasta con lo reportado en otras poblaciones cultivadas de frijoles. Según ellos, los valores similares de variación entre poblaciones silvestres y cultivadas, pueden deberse a los altos niveles de flujo genético entre poblaciones o a un tamaño efectivo de la población grande, debido a la combinación de tres factores: 1) los polinizadores pueden recorrer largas distancias, 2) las poblaciones cultivadas se plantan cerca de las silvestres facilitando el flujo genético y 3) los individuos son perennes, lo cual incrementa el tamaño efectivo de la población.

La población colectada en la delegación Tlalpan mostró una alta heterocigocidad y tasa de entrecruzamiento. La alta variación genética en *P. coccineus*, sumada a la

posibilidad de cruzas interespecíficas con *P. vulgaris* y quizás otras especies silvestres, hacen de este complejo de poblaciones localmente cultivadas y silvestres, un importante reservorio de genes potenciales (Escalante *et al.* 1994). Es importante recordar que la suma de los genes de todos los individuos de una población representa un potencial para su mejoramiento productivo, comercial y de adaptación a ambientes diferentes.

El grado de polimorfismo detectado en frijoles negros por Avendaño-Arrazate y colaboradores (2004), mostró que en las poblaciones silvestres hay una alta variación genética. Tal diversidad genética podría ser el producto de la diversidad climática y de suelos presente en esas regiones (altas y bajas), así como a los movimientos de semillas que practican los agricultores y al incremento de la comercialización de frijol. Esto ha permitido la dispersión de germoplasma entre regiones distantes.

La diversidad de poblaciones silvestres en general, y en particular del frijol, es un recurso importante ante el cambio climático, ya que dichas especies cuentan con genes de tolerancia a factores adversos (frío, sequía, calor, enfermedades y plagas), los cuales se perdieron por deriva genética durante la domesticación. Así, el estudio para su conservación, debería ser una prioridad en programas de cultivo y mejoramiento tradicional del frijol en la entidad.

Amaranto

Existen cerca de 20 especies del género *Amaranthus* que crecen de forma silvestre en México (Mapes 1986). Dos de ellas, *A. hypochondriacus.* y *A. cruentus*, fueron domesticadas por grupos étnicos prehispánicos de México que las utilizaban como parte de su dieta y rituales religiosos. Estos grupos le dieron diferentes nombres: los nahuas, *huauhtli* o *quintonil*; huicholes, *comowawi*; coras y huicholes, *huautle*, y zapotecos, *ba-llaa* (Alejandre y Gómez 1986, Granados y López 1986).

Entre las 60 especies descritas del género *Amaranthus*, tres predominan en los



Figura 6. Frijól (*Phaseolus vulgaris*). Foto: Edelmira Linares Mazari/Banco de Imágenes **CONABIO**.

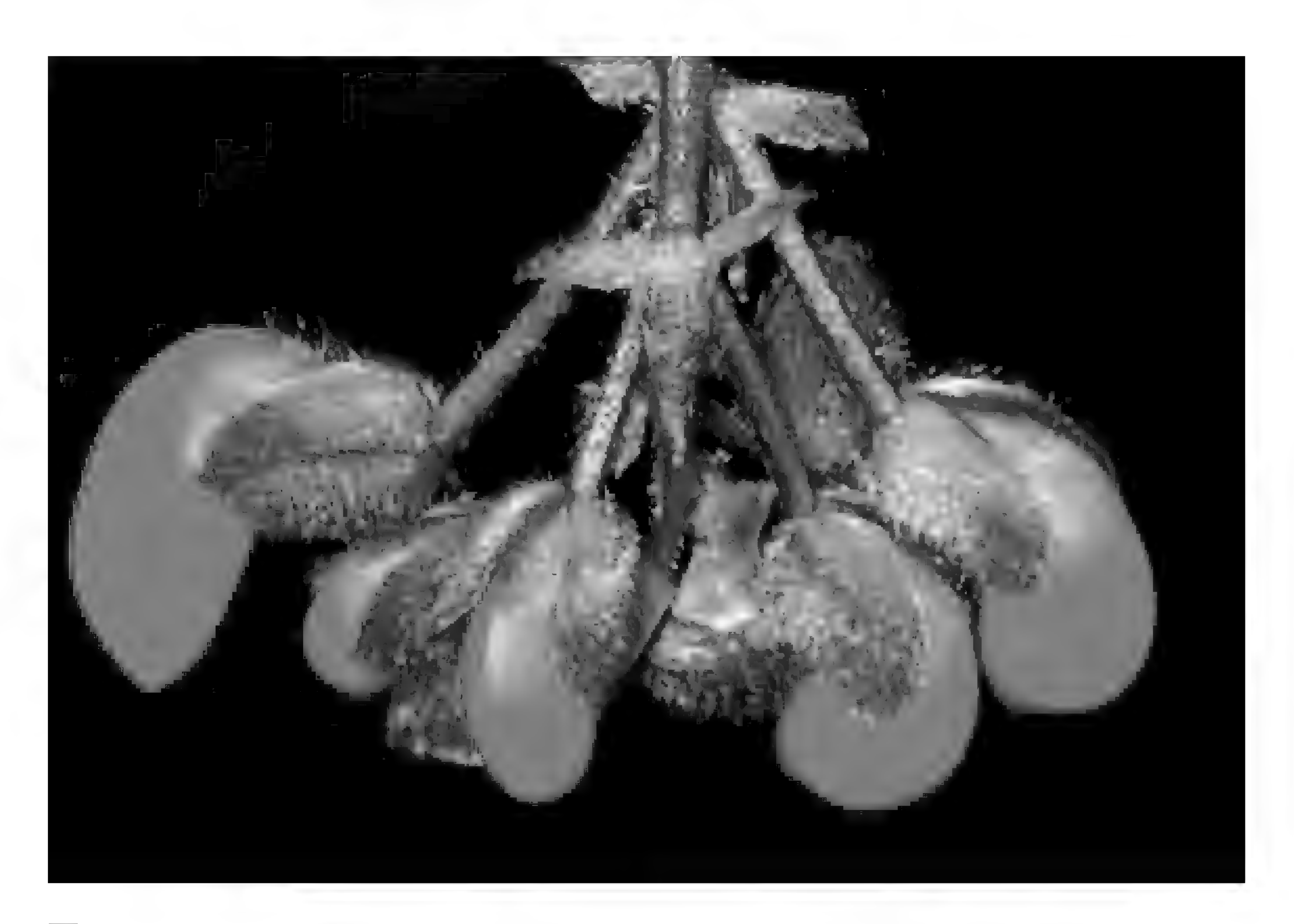


Figura 7. Frijól Ayocote (*Phaseolus coccineus*). Foto: Pedro Tenorio Lezama/Banco de Imágenes **CONABIO**.

amarantos cultivados: *A. hypochondriacus*, *A. cruentus* y *A. caudatus* (Kauffman 1986). Se considera que las tres especies son diploides, autopolinizables, con polinización cruzada de tres a 25% según la variedad y el ambiente (Jain *et al.* 1982). En *Amaranthus*, la mayor parte de la diversidad genética detectable se encuentra dentro de las especies y razas, más que entre especies y razas distintas (Legaria-Solano 2010).

El amaranto (*Amaranthus hypochondriacus*) es un cultivo marginal en México, con apenas 2 000 ha cultivadas (Arellano 2001), que por su alta calidad de proteína en el grano tiene perspectivas de desarrollo, tanto en México (Soriano 1993) como en el mundo (Breene 1991, Wu *et al.* 2000). Una importante zona productora es Santiago Tulyehualco, en la Ciudad de México, cuya producción se lleva a cabo en condiciones de temporal o secano en pequeños predios de pendiente irregular, con suelos pedregosos y superficiales (figura 8) (Escalante 2011).

A pesar de que la ciudad es el quinto productor de amaranto a nivel nacional, su cultivo representa menos del 1% de la superficie y del valor de la producción agrícola de la entidad, con una superficie establecida y cosechada de 137 ha. Éstas tienen un rendimiento de 1.1 t/ ha, cuando el promedio nacional es de 1.5 t/ha (**SAGARPA-SIAP** 2010). El tipo de propiedad que reconoce el Registro Agrario Nacional (**RAN**) en las zonas de producción, es pequeña propiedad y ejidal (**SAGARPA-INCA** Rural 2007), con propiedades cuya superficie oscila entre 0.5 y 1 ha. En Santiago Tulyehualco se cultiva la especie *Amaranthus hypochondriacus*, así como las razas línea 1, mercado, nepal, azteca y mexicano. También se cultivan las variedades criolla Tulyehualco y criolla mixteca, por sus características agronómicas y potencial de rendimiento.

El amaranto se utiliza como grano y verdura para la alimentación humana, y como forraje para la alimentación animal (Morales-Guerrero *et al.* 2009). En Santiago Tulyehualco, el principal objetivo del cultivo es la producción de grano, cuyo rendimiento está determinado por el genotipo, el manejo del cultivo, las condicio-



Figura 8. Paisaje con cultivo de amaranto en Tulyehualco. Foto: Edelmira Linares Mazari/Banco de Imágenes CONABIO.

nes ecológicas, resistencia a sequía, plagas y a su adaptación a diferentes tipos de climas y suelos (Escalante 2011). Un análisis transcriptómico del grano del amaranto encontró numerosos genes relacionados a la respuesta ante el estrés abiótico (Délano-Frier *et al.* 2011).

Legaria-Solano (2010) evaluó 103 colectas de *Amaranthus* del valle de México que habían sido previamente clasificadas como pertenecientes a razas de alguna de las tres especies cultivadas: *A. hypochondriacus*, *A. caudatus* y *A. cruentus* (proporcionadas por el INIFAP). En total, estudiaron 76 colectas de *A. hypochondriacus* clasificadas morfológicamente como pertenecientes a las razas mercado, azteca, nepal o mixteco; *A. cruentus* raza Mexicana y *A. caudatus* raza Sudamericana; y se analizaron con la técnica de RAPD.

El coeficiente de diversidad y el porcentaje de polimorfismos mostraron que la raza azteca tiene la mayor diversidad genética mientras que *A. caudatus* raza sudamericana tiene la menor diversidad. Legaria-Solano (2010) concluye que en *Amaranthus* la mayor parte de la diversidad genética detectable se debe a las diferencias dentro de las especies y razas (74%), con una menor proporción (26%) de variación debida a diferencias entre especies y razas. El flujo génico es alto, lo cual puede explicar el bajo grado de diferenciación.

Con base en estos resultados, se puede decir que *A. hypochondriacus* se relacionó más con *A. caudatus* y la especie más alejada fue *A. cruentus*. En cuanto a razas de *A. hypochondriacus*, mercado y azteca son genéticamente más cercanos entre sí y ambas alejadas de nepal. La baja diferenciación poblacional puede ser producto de una alta tasa de cruzamiento intraespecífico, es decir, entre poblaciones que se comportan como un conjunto de subpoblaciones espacialmente fragmentadas (metapoblación), o bien a que se han seleccionado plantas de pocos progenitores para su cultivo y estos mantienen una gran cercanía genética. Sin embargo, la alta diferenciación entre especies indica de una selección llevada a cabo a través de años por los agricultores, quienes muy probablemente

seleccionaron características relacionadas a variables ecológicas del sitio en donde se cultivan, las propias técnicas de cultivo y a los usos culturales que se le da al amaranto.

Conclusión y recomendaciones

En la búsqueda de alternativas para la autosuficiencia alimentaria y para la práctica de una agricultura sostenible bajo condiciones cada vez menos propicias, la investigación agrícola ha tomado varios caminos, pudiendo citarse entre ellos a la ingeniería genética, orientada hacia la obtención de organismos genéticamente modificados (OGM). Otro camino es la búsqueda de mejores variedades en los llamados "cultivos olvidados", aquellos que en el pasado fueron importantes para el desarrollo de culturas, pero que debido a la introducción de otros cultivos actualmente se practican sólo marginalmente en algunas regiones del país de forma tradicional (De la Cruz-Torres *et al*. 2009).

Un aspecto preocupante sobre los recursos fitogenéticos es el hecho de que diversas colecciones están escasamente documentadas y caracterizadas. El desconocimiento de la distribución de la diversidad genética dificulta la determinación de áreas estratégicas para recolección. Los fitomejoradores (productores de plantas mejoradas a través de cruzamientos, para su cultivo), también enfrentan serias limitaciones y en general no mantienen una documentación de sus colecciones, las cuales se almacenan en condiciones indebidas y frecuentemente se pierde la información sobre el pedigrí (Embrapa 2006).

El Gobierno de la Ciudad de México se ha comprometido a establecer una estrategia conjunta, para lograr que la zona rural de la entidad sea reconocida como un espacio de diversidad fitogenética para la conservación de especies alimentarias, así como iniciar los procesos para que se otorgue a la producción de ciertos cultivos la denominación de origen, como por ejemplo el maíz, nopal y amaranto, que son cultivos nativos principales de la ciudad (SEDEREC 2012). La introducción de ogm transformados hacia los centros de origen de los cultivos, forma parte de la expansión del capitalismo hacia nuevas fronteras (Jardón-Barbolla 2010).

En México, el análisis del caso del maíz y algunas otras plantas, revela algunas líneas generales de la confrontación entre el desarrollo industrial neoliberal y las costumbres de los pueblos originarios, lo cual tiene implicaciones en la diversificación genética de plantas cultivadas. De este modo, al destruir el sistema social colectivo que da origen a la diversificación de plantas cultivadas, se corre el riesgo de perder los recursos genéticos y con ello una forma más eficaz, diversa y sustentable de generar conocimiento, herramientas tecnológicas y riqueza biológica cultivada, acorde a los requerimientos locales; y crucial para asegurar un sistema agrícola-alimentario sustentable y robusto ante crisis globales (Álvarez-Buylla 2009).

Los análisis de los centros de origen, domesticación y diversidad genética de las plantas cultivadas deberán centrarse en los conceptos utilizados en la genética de la conservación, utilizando la historia filogeográfica y generando los mapas de distribución potencial. También es necesario reconocer que en Mesoamérica existen varios centros de origen y diversificación/domesticación; estos centros deberán ser considerados áreas protegidas, para así definir las políticas de conservación de los recursos genéticos.

Las especies cultivadas tienen diferentes procesos de domesticación, por lo que es necesario documentar el conocimiento sobre la selección, el intercambio de semillas y el manejo tradicional de los cultivos, de los distintos grupos étnicos o pueblos originarios adaptados a distintas condiciones medioambientales. Una herramienta necesaria para entender los procesos de domesticación y sus lugares de origen, será sistematizar la información etnobotánica disponible con un enfoque espacial más explícito, ligando estudios

lingüísticos y antropológicos, y llevando a cabo estudios de genética de poblaciones, en particular filogeográficos, de taxa de amplia distribución (Mera y Mapes 2010).

Los recursos silvestres y domesticados representan reservas de diversidad y adaptabilidad genética, con los que es posible amortiguar los cambios ambientales y económicos, la pérdida de este material representa una seria amenaza a la seguridad alimentaria de los pueblos en el futuro. Por ello, la conservación y la utilización racional de los recursos genéticos vegetales para la alimentación y la agricultura (RGVAA) puede contribuir significativamente al desarrollo nacional, a la seguridad alimentaria y a la reducción de la pobreza, al ser la base del mejoramiento de la productividad y sostenibilidad agrícola (Ramírez 2000).

Conocer la cercanía filogenética entre especies, además de permitirnos mejores clasificaciones taxonómicas, resulta también útil en la búsqueda de genes que puedan expresar tolerancia a la desecación o resistencia a plagas y respuesta a estrés biótico y abiótico, a través de los estudios genómicos que se están llevando a cabo en la actualidad.

Por todo lo anterior, la recomendación se encamina a enfocar los esfuerzos hacia la búsqueda de especies silvestres y no únicamente hacia las especies cultivadas.

Asimismo, se recomienda llevar a cabo un rescate de las técnicas tradicionales de selección de semillas de métodos de cultivo y mejoramiento autóctono, crear una base de datos de la distribución de dichas especies y las características ecológicas en las que crecen y llevar a cabo estudios buscando los genes adaptativos de cada especie. También es necesario utilizar nuevas aproximaciones, como el análisis genómico, utilizando marcadores moleculares, como los SNP (*single nucleotide polimorphisms*), y nuevas técnicas de genotipación como es el GBS (genotyping by simple sequencing), la cual permite tener un mayor número de marcadores para llevar a cabo estudios de asociación amplia, conocidos por sus siglas GWAS; una aproximación útil para explorar genes candidatos a adaptación local.

Referencias

Aguirre, H.E. 2003. Estudio fitoquímico y farmacológico de *Agastache mexicana* subsp *mexicana* y *Agastache mexicana* subsp. *xolocotziana*. Tesis de maestría, Colegio de Postgraduados, Montecillo. Texcoco, Estado de México.

Alejandre, I.G. y L.F. Gómez. 1986. Variabilidad en tipos criollos de amaranto (*Amaranthus* spp) en la región central de México. En: *Primer Seminario Nacional del Amaranto. El Amaranto* Amaranthus spp *(Alegría), su cultivo y aprovechamiento*. A.S. Trinidad, F. Gómez L., G. Suárez R. (comps.), México.

Alfaro-Rojas, G., J.P. Legaria-Solano y J.E. Rodriguez-Pérez. 2007. Diversidad genética en poblaciones de Agaves pulqueros (*Agave* spp) del Nororiente del Estado de México. *Revista Fitotecnia Mexicana* 30:1-12.

Álvarez-Buylla, E. 2009. La importancia de proteger al maíz como un bien común: Entrevista con la Dra. Elena Álvarez Buylla. Coordinación de publicaciones digitales (DGSCA-UNAM). *Revista* UNAM 10(4)1067-1079.

Arellano, V.J.L. 2001. El amaranto, un cultivo alternativo de alta calidad nutritiva. Pp. 51-59. En: *Memoria Técnica No. 1*. SAGARPA/INIFAP-CIR Centro Chapingo, México.

Avello, E., E.A. Silveira, F.I. Peña, *et al.* 2006. Actividad antihelmíntica in vitro de extractos de *Azadirachta indica A Juss, Momordica charantia L.* y *Chenopodium (Teloxys) ambrosioides* L. Weber. *Revista electrónica de Veterinaria* 7(11):1-10.

Avendaño-Arrazate, C.H., P. Ramírez-Vallejo, F. Castillo-González, *et al.* 2004. Diversidad isoenzimática en poblaciones nativas de Frijol Negro. *Revista Fitotecnia Mexicana* 27:31-40

Backeberg, C. 1977. *Cactus Lexicon*. Blandford Press, Poole.

Barrientos-Priego, F., A. Muratalla-Lua y A. F. Barrientos-Priego. 1993. *New hybrids of Opuntia*. Capítulo 18. Pp. 243-251. En: *Biotechnology for Aridland Plants*. IC2 Institute -The University of Texas at Austin. Austin, Texas.

Bravo-Hollis, H. 1978. *Las Cactáceas de México. Vol. i*. UNAM, México.

Bournouf-Radosevich, M. y C. Paupardin. 1985. Vegetative propagation of Chenopodium quinoa by shoot tip culture. *American Journal of Botany* 72:278-283.

Breene, W.M. 1991. Food uses of grain amaranth. *Cereals Foods World* 36:426-430.

Bye, R., E. Linares, T.R. Ramamoorthy, *et al.* 1987. *Agastache mexicana subsp. xolocotziana* (Lamiaceae), a new taxon from the Mexican medicinal plants. *Phytologia* 62(3):157-163.

Caballero, J., A. Casas, L. Cortés y C. Mapes. 1998. Patrones en el conocimiento, uso y manejo de plantas en pueblos indígenas de México. *Estudios Atacameños* 16:181-195.

Chávez, C.C.Y. 1986. *Propagación vegetativa de toronjil morado (Agastache mexicana (*HBK*) Lint & Epling) y toronjil blanco (Agastache* sp.*) por esquejes de tallo, bajo condiciones de invernadero.* Tesis de licenciatura, fc, UNAM. México.

Colunga-García, P., L.E. Eguiarte y D. Zizumbo-Villareal. 2007. *En lo ancestral hay futuro: del tequila, los mezcales y otros agaves*. CICY/CONACYT/CONABIO/INE. México.

Contreras, T.B. 1987. *Metabolitos secundarios aislados de toronjil blanco (Agastache* sp.*).* Tesis de licenciatura. Escuela Químico Farmacéutico Biólogo, Universidad Femenina de México, México.

De la Cruz-Torres E., A. Xingu-López, J. M. García-Andrade, I., *et al.* 2009. Aplicación de técnicas moleculares en el estudio del huauzontle, cultivo prehispánico alternativo para zonas agrícolas. *Contacto nuclear* ININ 55:16-21

Délano-Frier, J.P., H. Avilés-Arnaut, K. Casarrubias-Castillo, *et al.* 2011. Transcriptomic analysis of grain amaranth (*Amaranthus hypochondriacus*) using 454 pyrosequencing: comparison with *A. tuberculatus*, expression profiling in stems and in response to biotic and abiotic stress. BMC *Genomics* 12:363.

Del Castillo, F.R. 1999. Exploración preliminar sobre los sistemas de cruzamiento en *Opuntia*. Pp. 360-389. En: R.R. Aguirre y J.A. Reyes (eds.). En: *Memoria del viii congreso Nacional y VI Internacional sobre el Conocimiento y Aprovechamiento del Nopal*. San Luis Potosí, México.

Delgado-Salinas, A., T. Turley, A. Richman y M. Lavin. 1999. Phylogenetic analysis of the cultivated and species of Phaseolus (Fabaceae). *Systematic Botany* 23:438-460.

Delgado-Salinas, A., R. Bibler y M. Lavin. 2006. Phylogeny of the Genus Phaseolus (Leguminosae): A Recent Diversification in an Ancient Landscape. *Systematic Botany* 31(4):779-791.

Dolezel, J., J. Greilhuber y J. Suda. 2007. Flow cytometry with plants: an overview. Pp. 41-65. En: *Flow cytometry with plant cells.* J. Dolezel, J. Greilhuber y J. Suda. (eds). Willey-Vch Verlag, GmbH and Co. KGaA, Weinheim.

Eckert, C.G., K. Lui, K. Bronson, *et al.* 2003. Population genetic consequences of extreme variation in sexual and clonal reproduction in an aquatic plant. *Molecular Ecology* 12:331-344.

EMBRAPA. Empresa Brasileña de Investigación Agropecuaria. 2006. *El estado del arte de los recursos Genéticos en las américas: conservación, Caracterización y utilización.* FORAGRO/PROCITROPICOS/IICA, Brasilia, Brasil.

Escalante, A.M., G. Coello, L.E. Eguiarte y D. Piñero. 1994. Genetic structure and mating systems in wild and cultivated populations of *Phaseolus coccineus* and *P. vulgaris* (Fabaceae). *American Journal of Botany* 81(9):1086-1103.

Escalante, M.C. 2011. *Programa Elaboración de casos de éxito de Innovación en el Sector Agroalimentario: rescate y revaloración del cultivo del amaranto.* Fundación Grupo Produce. México.

Estrada-Reyes, R., E. Aguirre Hernández, A. García-Argáez, *et al.* Comparative chemical composition of *Agastache mexicana* subsp. *mexicana* and *A. mexicana* subsp. *xolocotziana*. *Biochemical Systematics and Ecology* 32:685-694.

Fernández, R. y D. Derega. 2007. Diario de campo. INAH. Publicado el 11 de enero de 2007 en *El Periódico de México*. En: <*https://www.elsiglodetorreon.com.mx/noticia/254842.mentira-que-se-use-excremento-para-elaborar-pulque.html*>, última consulta: 2 de septiembre de 2015.

Flores, N.I. 2007. *Coevolución entre Agave sensu lato y sus murciélagos polinizadores (Phyllostomidae).* Tesis de maestría. ie, UNAM.

Freytag, G.F. y D.G. Debouck. 2002. Review of taxonomy, distribution, and ecology of the genus Phaseolus (Leguminosae-Papilionoideae) in North America, Mexico, and Central America. *Sida, Botanical Miscellany* 23:1-300.

Fuentes-Bazán, S., G. Mansion, T. Borsch. 2012. Towards a species level tree of the globally diverse genus Chenopodium (Chenopodiaceae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* 62(1):359-74.

Gaitán, E., O. Toro, J. Thome y D.G. Debouck. 2000. Molecular taxonomy of the genus Phaseolus through ITS sequencing. Pp. 55-60. En: Annual report. D.G. Debouck (ed.). Cali, Colombia, Centro Internacional de Agricultura Tropical.

Galindo, M.Y. 1982. *Estudio farmacológico de algunas plantas medicinales reportadas popularmente por la población mexicana para el tratamiento de padecimientos cardiovasculares*. Tesis de licenciatura en biología, ENEP Iztacala, UNAM. México.

Gaytan-Villafuerte, A., L. Scheinvar, G. Olalde-Parra, *et al.* 2010. Diversidad y riqueza de los nopales silvestres en la república mexicana, géneros *Opuntia mill* y *Nopalea salm-dyck*, Cactaceae. vii Simposio Internacional sobre la Flora Silvestre en Zonas Áridas.

García-Herrera, E.J., S.J. Méndez-Gallegos, D. Talavera-Magaña. 2010. El género *agave* spp. En México: principales usos de importancia socioeconómica y agroecológica viii Simposium Taller Nacional y 1[er] Internacional "Producción y Aprovechamiento del Nopal". *Revista Salud Pública y Nutrición*, Edición Especial (5)109.

García-Mendoza, A. 1995. Riqueza y endemismos de la familia Agavaceae en México. Pp. 51-75. En: *Conservación de plantas en peligro de extinción: diferentes enfoques*. E. Linares, F. Chiang, R. Bye y T.S. Elías (eds.). IB-unam,JB-unam,. México.

García-Mendoza A. y R. Galván.1995. Riqueza de las familias Agavaceae y Nolinaceae en México. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 56:7-24.

Gentry, H.S. 1982. *Agaves of continental North America*. The University of Arizona Press, Tucson.

Gepts, P. y D. Debouck. 1991. Origin, domestication, and evolution of the common bean (*Phaseolus vulgaris L.*). Pp. 7-53. En: *Common Beans: Research for Crop Improvement.* A. Schoonhoven y O. Voysest (eds.). Common beans: research for crop improvement. CAB, Oxon.

German, V.G., T.E. de la Cruz, A.J.M. García, *et al.* 2009. Estudio de la diversidad morfológica del huauzontle (*Chenopodium berlanideri* subsp. *nuttalliae* en el Valle de Toluca. XIX Congreso Técnico Científico ININ/SUTIN. Centro Nuclear de México.

Gil-Vega, K., C. Díaz, A. Nava-Cedillo y J. Simpson. 2006. AFLP analysis of *Agave tequilana* varieties. *Plant Science* 170:904-909.

Good-Ávila, S., V. Souza, B. Gaut y L.E. Eguiarte. 2006. Timing and rate of speciation in Agave (Agavaceae). *Proceedings of the Nationa Academy of Sciences* 103:9124-9129.

Granados, S.D y R.G. López. 1986. Chinampas: Historia y etnobotánica de la alegría (*Amaranthus hypochondriacus* L.). Domesticación de la verdolaga (*Portulaca oleraceae* L.) y romerillo (*Suaeda difusa* Wats.). En: *Primer Seminario Nacional del Amaranto. El Amaranto* Amaranthus spp. *(Alegría), su Cultivo y Aprovechamiento.* A Trinidad S, F Gómez L, G Suárez R (comp.). México.

Griffith, P.M. 2004. The origins of an important cactus crop, *Opuntia ficus-indica Cactaceae*: new molecular evidence. *American Journal of Botany* 91:1911-1921.

Guzmán, U., S. Arias y P. Dávila. 2003. Catálogo de cactáceas mexicanas. UNAM/CONABIO, México.

Harley, R.M., S. Atkins, A.L. Budantsev, *et al.* 2004. Labiatae. Pp. 167-275. En: *The Families and Genera of Vascular Plants volume VII.* K. Kubitzki y J.W. Kadereit (eds.). Springer-Verlag, Berlín, Heidelberg.

Hernández-Verdugo, S., R.G. Guevara-González, R.F. Rivera-Bustamante, *et al.* 1998. Los parientes silvestres del chile (*Capsicum* spp.) como recursos genéticos. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 62:171-181.

IEDF. Instituto Electoral del Distrito Federal. 2013. *Catálogo de colonias y pueblos originarios. Marco geográfico de participación* ciudadana. En: <*www.iedf.org.mx/sites/tenemosla-formula/documentos/catalogocolonias.pdf*>, última consulta: 2 de septiembre de 2015.

Jain, S.K., H. Hauptli y K.R. Vaidya. 1982. Outcrossing rate in grain amaranths. *Journal of Heredity* 73:71-72.

Jardón-Barbolla, L. 2010. La lucha por las semillas: el gris de la conquista y la policromía de la resistencia. *Revista Rebeldía* 8(71).

Kadereit, G., E.V. Mavrodiev, E.H. Zacharias y A.P. Sukhorukov. 2010. Molecular phylogeny of Atripliceae (Chenopodioideae, Chenopodiaceae): Implications for systematics, biogeography, flower and fruit evolution, and the origin of C4 Photosynthesis. *American Journal of Botany* 97(10):1664-1687.

Kauffman, C.S. 1986. Observaciones sobre las investigaciones preliminares para el desarrollo de variedades mejoradas de amaranto de grano, en cinco países. Pp. 280-285. En: *Primer Seminario Nacional del Amaranto. El Amaranto* Amaranthus *spp. (Alegría), su Cultivo y Aprovechamiento.* A. Trinidad, F. Gómez, G. Suárez (eds.). México.

Kiesling, R. 1999. Domesticación y distribución de *Opuntia ficus-indica. Journal of the Professional Association for Cactus Development* 3:50-59.

Legaria-Solano, J.P. 2010. Diversidad genética en algunas especies de Amaranto (*Amaranthus* spp.). *Revista Fitotecnia Mexicana* 33:89-95.

Luna-Páez, A., E. Valadez-Moctezuma, A.F. Barrientos-Priego y C. Gallegos-Vázquez. 2007. Caracterización de *Opuntia* spp. mediante semilla con marcadores RAPD e ISSR y su posible uso para diferenciación. *Journal of the Professional Association for Cactus Development* 9:43-59.

Mapes, C. 1986. Una revisión sobre la utilización del género *Amaranthus* en México. Pp. 384-403. En: *Primer Seminario Nacional del Amaranto. El Amaranto* Amaranthus spp. *(alegría), su cultivo y aprovechamiento*. A. Trinidad, F. Gómez, G. Suárez (eds.). México.

McLeod, M.G. 1975. A new hibrid fleshy-fruited prickly-pear in California. *Madroño* 23(2):96-98.

Mera, L.M. y E.C. Mapes. 2010. Simposio: Conceptualización de centros de origen y domesticación en cultivos mexicanos. IB-UNAM. Informe final SNIB-CONABIO proyecto No. IU005. México.

Mondragón, J.C. 1999. *Preliminary genetic studies on cactus pear (Opuntia* spp, *Cactaceae) germplasm from Central México*. Tesis de doctorado. Purdue University. West Lafayette, Indiana.

——. 2001. Cactus pear breeding and domestication. *Plant Breeding Reviews* 20:135-166.

——. 2003. Caracterización molecular mediante rapds de una colección de nopal de (*Opuntia* spp. Cactaceae) del centro de México, como base del mejoramiento genético. *Revista Chapingo Serie Horticultura* 9(1):97-114.

Mondragón, J.C. y S. Pérez-González. 2001. Recursos genéticos y mejoramiento de Opuntia para la producción de forraje. Pp.1-4. En: *Cactus como forraje*. FAO Plant Production and Protection Paper 169. FAO, Roma.

Morales-Guerrero, J.C., N. Vázquez Mata y R. Bressani Castignoli. 2009. *El Amaranto, Características físicas, químicas, taxológicas y funcionales y aporte nutricional*. Instituto Nacional de Ciencias Médicas y Nutrición Salvador Zubirán. México.

Mosyakin, S.L. y S.E. Clemants. 2002. New nomenclatural combinations in *Dysphania* R. Br. (Chenopodiaceae): taxa occurring in North America. *Ukranian Botanical Journal* 59:380-385.

——. 2008. Further transfers of glandular-pubescent species from *Chenopodium* subg. *Ambrosia* to *Dysphania* (Chenopodiaceae). *Journal of the Botanic Research Institute of Texas* 2(1):425-431.

Muñoz, R. 2010. Frijol, rica fuente de proteínas. CONABIO. *Biodiversitas* 89:7-11.

Nobel, S.P. 1998. *Los incomparables agaves y cactos*. Ed. Trillas. México.

Palomino, G., M.D. Segura, R. Bye y P. Mercado. 1990. Cytogenetic distinction between Teloxys and Chenopodium (Chenopodiaceae). *The Southwestern Naturalist* 35:351-353.

Palomino, G. y H.M. Heras. 2001. Karyotypic studies in *Opuntia cochinera*, *O. hyptiacantha*, and *O. streptacantha* (Cactaceae). *Caryologia* 54(2):147-154.

Palomino, G., L. Trejo y E. de la Cruz. 2008. Nuclear genome size and chromosome analysis in *Chenopodium quinoa* and *C. berlandieri* subsp. *Nuttalliae*. *Euphytica* 164(1):221-230.

Perales, H.R. y J.R. Aguirre. 2008. Biodiversidad humanizada. Pp. 565-603. En: *Capital natural de México, vol. I: Conocimiento actual de la biodiversidad*. CONABIO, México.

Pimienta-Barrios, E. 1990. *El Nopal Tunero*. Colección Tiempos de Ciencia. udg. Jalisco, México.

Pimienta-Barrios, E. y A. Muñoz-Urías. 1995. Domestication of opuntias and cultivated varieties. Pp. 58-63. En: *Agroecology, cultivation and uses of cactus pear*. G. Barbera, P. Inglese y E. Pimienta-Barrios (eds.). FAO Plant Production and Protection Paper 132. FAO, Roma

Pinkava, D.J. 2002. On the evolution of the continental North American Opuntioideae. Pp 59-98. En: *Studies in the Opuntioideae (Cactaceae). Succulent Plant Research (Vol.6)*. D. Hunt y N. Taylor (eds.). Sherborne.

Ramírez, P. 2000. Prólogo. En: *Recursos Fitogenéticos de México para la Alimentación y la Agricultura, Informe Nacional*. P. Ramírez *et al.* (eds.). Servicio Nacional de Inspección y Certificación de Semillas (SNICS)/ Sociedad Mexicana de Fitogenética A.C.

Reyes-Agüero, J.A., J.R. Aguirre R. y J.L. Flores F. 2005. Variación morfológica de *Opuntia* (Cactaceae) en relación con su domesticación en la altiplanicie meridional de México. *Interciencia* 30:476-484.

Reyes-Agüero, J.A., J.R. Aguirre, C.F. Carlín y D.A. González. 2009. Catálogo de las principales variantes silvestres y cultivadas de Opuntia en la Altiplanicie Meridional de México. UASLP/SAGARPA/CONACYT. San Luis Potosí, México.

Reynolds, S.G. y E. Arias. 2001. Introducción. Pp. 1-4. En: *Cactus (Opuntia* spp*) como forraje*. J.C. Mondragón y S. Pérez-González (eds.). FAO Plant Production and Protection Paper 169. FAO, Roma.

Rives-Guendulain, R.C. 2009. *Diversidad clonal y estructura genética espacial en escala fina de Agave striata Zucc.* Tesis de licenciatura. IE-UNAM.

Rocha, M., S.V. Good-Ávila, F. Molina-Freaner, *et al.* 2006 Pollination biology and adaptative radiation of Agavaceae, with special emphasis on Agave genus. *Aliso* 22:329-344.

Rosales, R., J.A. Acosta, J.S. Muruaga, *et al.* 2004. *Variedades mejoradas de frijol del Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias.* Libro Técnico 6. INIFAP/SAGARPA-CIRCE Campo Experimental Valle de México, Chapingo.

Rosales, R., S. Hernández, M. González, *et al.* 2005. Genetic Relationships and Diversity Revealed by AFLP Markers in Mexican Common Bean Bred Cultivars. *Crop Science* 45:1951-1957.

Ruas, P.M, Bonifacio, A, Ruas C.F., *et al.* 1999. Genetic relationship among 19 accessions of six species of *Chenopodium* L. by Random Amplified Polymorphic DNA fragments (RAPD). *Euphytica* 105:25-32.

Rzedowski, R.J. y R.G. Calderón. 1990. *Flora fanerogámica del Valle de México.* INECOL. Michoacán, México.

Sanders, R.W. 1979. *A Systematic study of Agastache setion Britonastrum (Lamiaceae, Nepetae).* Tesis de doctorado, University of Texas.

Santillán–Ramírez, M.A., M.E. López–Villafranco S. Aguilar–Rodríguez y A. Aguilar–Contreras. 2008. Estudio etnobotánico, arquitectura foliar y anatomía vegetativa de *Agastache mexicana* subsp. *mexicana* y *A. mexicana* subsp. *xolocotziana*. *Revista Mexicana de Biodiversidad* 79(2):513-524

Scheinvar, L. 1995. Taxonomy of utilized Opuntias. Pp. 20-27. En: *Agro-ecology, cultivation and uses of cactus pear.* G. Barbera, P. Inglese y E. Pimienta-Barrios (eds.). FAO Plant Production and Protection Paper, 132. FAO, Roma.

Scheinvar, L., C. Gallegos, G. Olalde y A. Rodriguez. 2010. *Opuntia* serie Streptacanthae (Cactaceae)-neo-tipifications and Taxonomic notes for four species. Schumannia 6 *Biodiversity & Ecology* 3:277-296.

SAGARPA-INCA Rural. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural, Pesca y Alimentación-Instituto Nacional para el Desarrollo de Capacidades del Sector Rural. 2007. Plan Rector del Sistema Producto Amaranto del Distrito Federal. México.

SAGARPA-SIAP. Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación-Sistema de Información Agroalimentaria y Pesquera. 2010. *Agricultura. Producción Anual.* Última consulta: 31 de octubre de 2010.

SEDEREC. Secretaría de Desarrollo Rural y Equidad para las Culturas Indígenas. 2012. *El Programa de Desarrollo Agropecuario y Rural en la Ciudad de México*, Gobierno del Distrito Federal. SEDEREC/GDF. México.

Segura S. L. Scheinvar, G. Olalde, *et al.* 2007. Genome sizes and ploidy levels in Mexican cactus pear species *Opuntia* (Tourn.) Mill. series Streptacanthae Britton et Rose, DC. Leucotrichae, Heliabravoanae Scheinvar and Robustae Britton et Rose. *Genetic Resources and Crop Evolution* 54(5):1033-1041.

Silander, J.A. 1985. Microevolution in clonal plants. Pp. 107-152. En: *Population Biology and Evolution of Clonal Organisms.* J.B.C. Jackson, L.W. Buss, R.E. Cook (eds.). Yale University Press, Londres.

Singh, S.P., R. Nodari y P. Gepts. 1991. Genetic diversity in cultivated common bean: I. Allozymes. *Crop Science* 31:19-23.

Soriano, S.J. 1993. Caracterización parcial de un concentrado proteínico del grano de amaranto. *Ciencia* 44:517-525.

Toledo, V. 1995. New paradigms for a new ethnobotany. Reflections on the case of México. Pp. 79-92. En: *Evolution of a discipline.* R.S. Evans y R.S. Von (eds.). Dioscorides. Portland.

Trejo, L. 2006. *Genética de poblaciones de Agave striata Zucc.* Tesis de maestría en Ciencias Biológicas. IE-UNAM. México.

Valadez-Moctezuma, E., A. Luna-Paez, F. Barrientos-Priego y C. Gallegos-Vázquez. 2005. Genotipificación de *opuntia* spp, y su posible uso para diferenciación. Recursos Filogenéticos de Nopal (*Opuntia* spp.) en México: 2002-2005.

Vargas-Ponce, O., D. Zizumbo-Villarreal, J. Martínez-Castillo, *et al.* 2009. Diversity and structure of landraces of *Agave* grown for spirits under traditional agriculture: A comparison with wild populations of *A. Angustifolia* (Agavaceae) and commercial plantations of *A. tequilana*. *American Journal of Botany* 96(2):448-457.

Vavilov, N.I. 1951. The origin, variation, immunity and breeding of cultivated plants. *Crónica Botánica* 13:1-366.

Walkington, D.L. 1965. *Morphological and chemical evidence for hybridization in some species of Opuntia [Cactaceae] occurring in southern California.* Tesis de doctorado, Claremont Grad. School, Claremont.

Wu, H., M. Sun, S. Yue, *et al.* 2000. Field evaluation of an Amaranthus genetic resource collection in China. *Genetic Resources and Crop Evolution* 47:43-53.

Zolla, C., S. Del Bosque, A. Tascón, y V. Mellado. 1988. *Medicina tradicional y enfermedad.* México: Centro Interamericano de Estudios de Seguridad Social. México.

Estudio de caso

Análisis de la variación genética de cinco especies de la familia Asteraceae en el Pedregal de San Ángel, UNAM

Ana Elisa Martínez del Río
Eduardo Morales Guillaumin

Introducción

Los estudios sobre variación genética son particularmente útiles dentro del campo de la biología de la conservación, a través de ellos es posible estimar el impacto que puede tener la alteración de un hábitat sobre la distribución, abundancia y diversidad genética de las especies. Por ejemplo, veamos que sucede en un hábitat que es fragmentado súbitamente por la imposición de una barrera que irrumpe o limita el flujo genético entre los individuos que antes formaban parte de una misma población y que ahora pertenecen a diferentes poblaciones.

Si las condiciones ecológicas en los diversos fragmentos son distintas (lo que casi siempre ocurre), al cabo de varias generaciones observaremos alguno de los siguientes escenarios: 1) la especie se adapta; esto es, tras varias generaciones los descendientes de la población original han llegado a acumular cierto número de adaptaciones que incluso permiten ubicarlos como una especie diferente (tal es el caso de los famosos pinzones de Darwin en las Islas Galápagos); o bien, 2) la población se extingue (*e.g.* sucumbe ante las presiones de selección tales como: contaminación, escasez de nutrientes, de agua, de polinizadores). Este último escenario es común en las poblaciones que no cuentan con el capital genético necesario para desarrollar las adaptaciones demandadas por el ambiente.

Esta situación se ve exacerbada cuando los cambios ambientales son bruscos y repentinos (como puede ser el acelerado calentamiento global) o cuando la población inicial es pequeña y poco diversa. Por tanto, resulta importante conocer cómo está distribuida la riqueza genética en un entorno fragmentado, para así priorizar la conservación de los fragmentos que resguardan la mayor diversidad. Además, cuando esta información es vinculada con estudios demográficos de distribución y abundancia relativa (quiénes, cuántos y dónde se ubican), es posible modelar el comportamiento futuro de las poblaciones bajo determinadas condiciones. Es decir, con base en el conocimiento de las condiciones iniciales es posible proyectar diferentes escenarios y elegir así las estrategias para conservar, no sólo al mayor número de individuos en un sitio, sino aquellos sitios que pueden considerarse clave para asegurar la persistencia de la especie.

Descripción

En este trabajo se estudiaron los patrones de distribución genética de cinco especies de plantas pertenecientes a la familia Asteraceae, ampliamente distribuidas en el Pedregal de San Ángel (Martínez-del Río 2003). Las razones por la cuales se trabajó con este grupo son las siguientes:

Martínez-del Río, A.E. y E. Morales-Guillaumin. 2016. Análisis de la variación genética de cinco especies de la familia Asteraceae en el Pedregal de San Ángel, UNAM. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 484-489.

- México es reconocido como principal centro de diversificación de la familia Asteracea (Rzedowski 1991, Turner y Nesom 1993, Villaseñor *et al*. 1997), siendo además la familia más grande en cuanto a número de géneros y especies en la mayoría de los estados del país.
- Diversos autores (Valiente-Banuet y De Luna 1990, Gentry 1992, Stork 1994, Faith y Walker 1996, Morales 1996, Villaseñor 1997) consideran que los miembros de la familia Asteraceae son buenos indicadores de la biodiversidad global del ecosistema, debido a que suelen ser elementos importantes en cuanto a la abundancia, la productividad primaria neta y número relaciones ecológicas con especies animales (e.g. herbívoros y polinizadores).
- Los miembros de la familia ofrecen un catálogo amplio de estilos de vida (los hay anuales, perennes, herbáceos, arbustivos, polinizados por el viento o por insectos especializados, clonales y no clonales, etcétera), lo que hace posible realizar diversas comparaciones para determinar la manera en que su historia de vida se relaciona con su vulnerabilidad frente a los cambios.

El objetivo de este trabajo fue evaluar la variación genética de cinco especies de plantas de la familia Asteraceae y cómo ésta es influenciada por caracteres (estrategias) de historia de vida tales como el hábito (perennes o anuales) y el sistema de reproducción (vegetativo, por viento, por insectos). También se evaluó el grado de diferenciación genética entre las poblaciones separadas a causa de las obras viales en el Pedregal de San Ángel.

Las especies elegidas en este estudio fueron: *Eupatorium petiolare, Pittocaulon praecox, Dahlia coccinea, Tagetes lunulata* y *Verbesina virgata*. Estas especies, previamente descritas por Cano-Santana (1994), ofrecen distintas combinaciones de caracteres ecológicos que permiten agruparlas en subconjuntos de acuerdo con su forma de crecimiento (herbáceas y arbustivas), hábito (anuales y perennes), sistema de reproducción (entrecruzamiento obligado o facultativo) y sistema de dispersión de semillas (viento, adhesión y gravedad) (cuadro 1).

En el estudio se eligieron al azar 30 individuos en etapa reproductiva de cada especie, para cada uno de los dos sitios elegidos: *a*) jardín botánico; *b*) espacio escultórico, colectados entre septiembre del 2000 y marzo del 2001. De cada individuo se tomó muestra de material foliar (hojas), del cual se obtuvo un extracto de proteínas. Dichos extractos constituyeron la materia prima para estudiar variación genética de las especies a través de la técnica de análisis electroforético de enzimas en geles de almidón. Al realizar este proceso para varias enzimas de un mismo individuo, se obtiene un código de identificación, con el cuál se pueden rastrear los lazos de parentesco entre otros individuos e incluso, entre especies cercanas.

Dado que cada enzima está codificada por uno o varios genes, asumimos que cuando se observan distintos códigos para una misma enzima, se observa, de manera indirecta, la participación de distintas variantes (alelos) de un gen. En el laboratorio se colocan los extractos en carriles donde cada enzima avanzará y alcanzará una posición determinada según su peso molecular y su afinidad electroquímica. Así, al igual que la instantánea tomada a un grupo de atletas al llegar a la meta, al revelar el gel se obtiene el lugar ocupado por cada enzima. Si el lugar alcanzado por la enzima de un individuo en un carril es igual al alcanzado por otro individuo, entonces ambos individuos comparten el mismo alelo. Lo usual es que los individuos de una misma especie exhiban pocas variaciones.

Una vez que se tiene el bandeo de las proteínas estudiadas para cada individuo, lo equivalente a una huella digital, se realiza un análisis de la variación genética de las poblaciones. La variación se estudió en términos de:

- La proporción de *loci* (grupo de alelos) polimórficos *P* (e.g. en cuantos rasgos difieren los individuos de una misma especie).

Cuadro 1. Características biológicas de las especies estudiadas.

Nombre científico	*Eupatorium petiolare*	*Pittocaulon praecox*	*Dahlia coccinea*	*Tagetes lunulata*	*Verbesina virgata*
Nombre común	Hierba de ángel	Palo loco, candelero, tezcalpatli	Dalia (la flor nacional)	Anís	Teclacote, bastón de viejo
Forma de crecimiento	Arbustiva	Arbustiva	Herbácea	Herbácea	Arbustiva
Altura (cm)	90-200	10-500	40-200	20-80	100-250
Hábito	Perenne	Perenne	Perenne	Anual	Perenne
Época de floración	Enero-marzo	Enero-abril	Agosto-octubre	Septiembre-diciembre	Octubre-enero
Polinización	Viento	Viento	Insectos diurnos	Díptera	*Apis mellifera*
	Viento, Insectos nocturnos	Viento, Díptera, Hymenóptera			
Reproducción	Entrecruzamiento facultativo	Entrecruzamiento facultativo	Entrecruzamiento facultativo	Entrecruzamiento obligado	Entrecruzamiento facultativo
Sistema de dispersión de semillas	Viento	Gravedad	Viento	Adherencia a animales	Viento
			Adherencia a animales	Gravedad	Gravedad

Fuente: modificado de Figueroa-Castro *et al.* 1998. Fotos: a, b y c) Ana Elisa Martínez del Río, d) Oscar R. García Rubio, e) Oswaldo Téllez Valdéz.

- La diversidad genética o heterocigosis promedio *H*. Esto es, la proporción de individuos homócigos (su madre y padre comparten el mismo alelo) y heterócigos (los alelos de la madre y el padre son distintos).
- El número promedio de alelos por *locus* A (cuantas variantes se observan para un mismo rasgo).
- La riqueza genotípica promedio *G/N* (cuántos individuos presentan genotipos únicos).

Para describir la distribución de la variación genética, la diversidad genética total de la población puede descomponerse en la diversidad genética *dentro* y *entre* subpoblaciones y, a partir de ellas, se calcula el grado de diferenciación (también llamado grado de estructuración) entre las subpoblaciones F_{ST} (Wrigth 1978). Esta última estimación permite deducir la magnitud del flujo de genes de una población a otra y se denota por *Nm* (número de migrantes que llegan a una población cada generación).

En las plantas, el flujo génico está dado por la dispersión del polen y las semillas. Los niveles elevados de flujo génico aumentan el tamaño efectivo de las poblaciones y reducen la diferenciación local; mientras que si el flujo génico es limitado, se reduce el tamaño efectivo de las poblaciones y aumenta la diferenciación entre las subpoblaciones. Lo anterior limita también su capacidad de respuesta a cualquier cambio, puesto que su "catálogo" de posibles respuestas (alelos) es más reducido respecto al catálogo total que ofrece la especie en su conjunto. De ahí que exista interés por el efecto que pueda tener la fragmentación sobre el flujo génico.

Diversidad genética

Los resultados que se obtuvieron con los estimadores descritos anteriormente fueron:

- Cada especie tiene una diversidad genética propia que no difiere significativamente entre sitios. Sin embargo no todos alelos se encuentran presentes en los dos sitios; de manera que si el flujo génico entre los sitios se ve interrumpido, las poblaciones perderán los alelos que se encuentra en el otro sitio. En promedio, las poblaciones del jardín botánico presentaron un mayor número de variantes (polimorfismos) que las del espacio escultórico (cuadro 2).
- Al analizar el efecto de la historia de vida sobre la diversidad genética, se comprobó que el sistema de reproducción (mecanismos de polinización y autoincompatibilidad) tiene mayor importancia sobre las otras características de historia de vida (como ser hierba o arbusto). Así, *D. coccinea*, que es una hierba que sólo forma semillas cuando recibe el polen de otra planta, mostró los valores más altos de diversidad genética para todos los estimadores; en tanto que *T. lunulata*, que también es una hierba pero que puede reproducir semillas sin la participación del polen de otra planta, presentó los valores más bajos. Lo anterior puede explicarse tomando en consideración que *D. coccinea* es la única de las especies estudiadas que presenta una autoincompatibilidad de 100% (no puede fecundarse a sí misma), y es la que más recursos le dedica a la reproducción (medida como la proporción relativa del peso corporal dedicado a las flores) y cuenta con el mayor número y diversidad de polinizadores. *T. lunulata*, por su parte, es una planta anual que, al igual que otras plantas anuales, apuesta a producir el mayor número de semillas en un tiempo corto, ya sea de

Cuadro 2. Estimadores de la diversidad genética para cada especie (N = 60)

	A	*P*	*Ho*	*He*	*G/N*	*Fst*	*Nm*
Pittocaulon praecox	2.000	0.875	0.052	0.117	9,267	0.065	3.613
	(1.875-1.500)	(0.750-0.375)	(0.056-0.048)	(0.121-0.114)	(0.330-0.300)		
Verbesina virgata	1.888	0.889	0.017	0.083	0.250	0.160	1.192
	(2.000-1.500)	(0.777-0.333)	(0.019-0.015)	(0.116-0.051)	(0.433-0.133)		
Eupatorium petiolare	1.857	0.714	0.041	0.101	0.250	0.192	1.049
	(1.714-1.714)	(0-428-0.714)	(0.082-0.001)	(0.062-0.140)	(0.200-0.300)		
Dahlia coccinea	2.375	0.875	0.102	0.249	0.717	0.081	4.467
	(2.125-1.875)	(0.750-0.750)	(0.126-0.078)	(0.316-0.182)	(0.900-0.6567)		
Tagetes lunulata	1.373	0.375	0.006	0.022	0.067	0.061	4.467
	(1.250-1.25)	(0.125-0.250)	(0.001-0.011)	(0.014-0.031	(0.067-0.100)		

donde *A* = riqueza alélica (en negritas el valor promedio, y en el parénesis de abajo los valores obtenidos para los sitios A y B); *P* = % polimorfismo; *Ho*= heterosis observada; *He* = heterosis esperada; *G/N* = riqueza genotípica; *Fst* = diferenciación entre sitios; *Nm* = flujo génico. Tomado de Martínez-del Río 2003.
Fuente: modificado de Figueroa-Castro *et al.* 1998.

manera autónoma (autofecundación) o por entrecruzamiento. Se encontró que 70% de genotipos de *D. coccinea* resultaron ser únicos; en tanto que sólo 2.6% lo eran para *T. lunulata*. El resto de las especies se mantuvieron dentro del rango 25 a 26%.

- Salvo el caso de *D. coccinea*, los valores promedio de la heterocigosis observada *Ho* (0.044 ± 0.037) son sensiblemente menores al valor reportado por Hamrick y Godt (1996) para las Asteraeae (*Ho* =0.127); pero es cercano al que reportan para plantas endémicas que presentan autopolinización (*Ho* =0.0337). Dado que la distribución de las plantas estudiadas no corresponde con la de un grupo endémico, puede haber varias explicaciones para el bajo número de individuos heterócigos. O bien se debe a que el estudio se realizó en un relicto de la extensión original; o hay una fuerte presión selectiva en contra de los heterócigos y ésta favorece la endogamia. Como lo sugieren los estudios de Figeroa-Castro (1997), esta presión selectiva puede concordar con la reducción de polinizadores efectivos en el Pedregal.
- En cuanto al grado de estructuración entre las poblaciones (sitios A y B), los valores de F_{ST} indican bajos niveles de diferenciación entre sitios; es decir, el flujo génico entre las poblaciones de los sitios A y B, no se ha alterado de tal manera que permita distinguirlos como subunidades poblacionales. Se pude afirmar que las especies estudiadas siguen comportándose (en el 2001) como una sola población. Sin embargo, la mayoría de los parámetros estudiados (*P*, *A* /*N*, *Ho*) fueron más altos en el sitio A (jardín botánico) que en el B (espacio escultórico), visiblemente más alterado.

Conclusión y recomendaciones

Los diferentes intervalos de variación genética entre las especies estudiadas apuntan a que las estrategias reproductivas, basadas en sistemas de autoincompatibilidad y polinización por insectos especialistas, favorecen la manutención de altos índices de variación genética.

Tres de la cinco especies (*D. coccinea*, *P. praecox* y *T. lunulata*) presentaron niveles altos de flujo génico, lo que hace posible interpretar que la subdivisión del hábitat en la escala estudiada, no ha producido un efecto sensible a nivel genético al momento de hacer esta investigación.

El conjunto de individuos de *D. coccinea* estudiados en el Pedregal de San Ángel muestra una riqueza genética notable, particularmente en la zona aledaña al jardín botánico. Desafortunadamente, el sitio de muestreo en donde fue colectado el material ya no existe. En su lugar se encuentran las nuevas instalaciones del Instituto de Investigaciones Biomédicas.

En el caso de *V. virgata* y *P. praecox*, se observa una reducida capacidad para responder a cambios medioambientales severos dados sus bajos valores de diversidad genética, altos valores de endogamia y restringida distribución geográfica. En este sentido, la acelerada reducción y fragmentación que ha experimentado el Pedregal en los últimos 50 años, podría tener un efecto adverso sobre la persistencia de estas especies.

Es indispensable mantener un monitoreo constante del tamaño de las poblaciones y de su riqueza genética, ya que si bien estas especies no se encuentran en peligro, su riqueza genética puede verse como un síntoma de la salud de los ecosistemas que habita, dadas las múltiples relaciones ecológicas que mantienen con otras especies.

Es pertinente considerar que este estudio se realizó hace poco más de 15 años y que la mitad de los sitios de muestreo ya no existen, debido a que éstos se ubicaban en lo que ahora son las nuevas instalaciones del Instituto de Investigaciones Biomédicas (lo que en este estudio se denominó sitio A, al oeste de la avenida de los Insurgentes) y las nuevas instalaciones del Edifico de Posgrado (sitio B,

al este de la avenida de los Insurgentes). En otras palabras, el ritmo al cual se producen estudios y se diseñan y aplican normativas, es mucho más lento que el ritmo al cual desaparece el hábitat.

De seguir esta tendencia, en el corto plazo, no será posible referirse a un ecosistema o hábitat, sino puramente a jardineras y áreas verdes. Es decir, desaparecerá por completo el entramado de relaciones ecológicas, que hasta el momento se había podido nombrar como Pedregal de San Ángel.

Referencias

Cano-Santana, Z. 1994. La Reserva del Pedregal de San Ángel como un ecosistema: estructura trófica. Pp. 149-158. En: *Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel: Ecología Historia Natural y Manejo*. Rojo, A. (comp). UNAM, México.

Cano-Santana, Z., y J.C. Meave. 1996. Sucesión primaria en derrames volcánicos: el caso del Xitle. *Ciencias* 41:58-68.

Faith, D.P. y P.A. Walker. 1996. How indicator groups provide information about the relative biodiversity of different sets of areas? On hotspots, complementary and pattern-based approaches. *Biodiversity Letters* 3:18-25.

Figueroa-Castro, D.M., Z. Cano-Santana y E. Camacho-Castillo. 1998. Producción de estructuras reproductivas y fenología reproductiva de cinco especies de compuestas en una comunidad xerófita. *Boletín de la Sociedad Botánica de México* 63:67-74.

Gentry, A.H. 1992. Tropical forest biodiversity: distributional patterns and their conservational significance. *Oikos* 63:19-28.

Hamrick, J.L. y M.J.W. Godt. 1996. Effects of life history traits o genetic diversity in plant species. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* 351:1291-1298.

Martínez-del Río, A.E. 2003. *Análisis de la variación genética de cinco especies de la familia Asteraceae en el Pedregal de San Ángel, C.U., México*. Tesis de Licenciatura en Biología, FC-UNAM, México.

Morales, E. 1996. *El método comparativo en los estudios de evolución de historias de vida: un ejemplo con el género Tithonia (Asteraceae)*. Tesis de doctorado en Ciencias Biológicas. UNAM, México.

Rzedowski, J. 1991. Diversidad y orígenes de la flora fanerogámica de México. *Acta Botánica Mexicana* 15:47-64.

Stork, N.E. 1994. Inventories of biodiversity: more than a question of numbers. Pp. 81-100. En: *Systematics and Conservation Evaluation*. P.L. Forey, C.J. Humphries y R.I. vane-Wright (eds.), Claredon Press, Oxford.

Turner, B.L. y G.L. Nesom. 1993. Biogeography, diversity and endangered or theatened status of Mexican Asteraceae. Pp. 559-575. En: *Biological diversity in Mexico: origins and distribution*. T. Ramamoorthy, R. Bye, A. Lot y J. Fa (eds.) Oxford University Press, Nueva York.

Valiente-Banuet, A. y de Luna, E. 1990. Una lista florística para la Reserva del Pedregal de San Ángel. *Acta Botánica Mexicana* 9:13-30.

Villaseñor, J.L., G. Ibarra y D. Ocaña. 1997. Strategies for the conservation of Asteraceae in Mexico. *Conservation Biology* 12(5):1066-1075.

Wrigth, S. 1978. Evolution and the genetics of populations. Vol 4. Variability within and among natural populations. University Of Chicago Press, Chicago.

Estudio de caso

Diversidad genética y relaciones de parentesco de nochebuenas (*Euphorbia pulcherrima*) sembradas en parques y jardines

Laura Trejo Hernández
Mark Earl Olson Zunica

La nochebuena (*Euphorbia pulcherrima*) se distribuye de manera natural por la costa del Pacífico, desde Sinaloa hasta Guatemala, incluyendo el norte de Guerrero y Morelos. No existen reportes de que habite de manera natural en la Ciudad de México. Es una especie de gran importancia económica en el mundo, puesto que es un símbolo floral de la navidad y sus ventas superan los 100 millones de dólares anuales (Taylor *et al.* 2011, usda 2011); sin embargo, poco se ha investigado sobre su domesticación, variación genética, distribución natural, estado de conservación y el origen de sus cultivares (plantas producidas en condiciones artificiales para su venta).

Para comenzar a llenar los grandes vacíos de conocimiento sobre la biología de *E. pulcherrima*, se presenta una primera aproximación sobre la diversidad genética de nochebuenas sembradas en la Ciudad de México, lo cual permite evaluar la importancia de esta entidad en la representación de variantes genéticas de dicha especie. En el estudio, se analizaron 11 poblaciones silvestres o conjuntos de plantas no cultivadas, representativas de la distribución geográfica de *E. pulcherrima*. De éstas, 10 son de México y provienen de siete estados: Sinaloa, Nayarit, Michoacán, Guerrero, Morelos, Oaxaca, Chiapas; y una de Guatemala, de la región de Sacatepéquez (cuadro 1). En cuanto a las plantas producidas en condiciones artificiales, se analizaron los cultivares de mayor venta en los Estados Unidos, en cultivares originarios de México, y se compararon con algunas plantas de la región denominada en esta obra como Parques y Jardines Urbanos (PyJU) de la capital del país (cuadro 1, figura 1).

Para todas las plantas, se obtuvieron fragmentos de genoma de cloroplasto o secuencias de *psbA-trnH* (Hamilton 1999) y *trnS-trnG* (Sang *et al.* 1997) con el protocolo de Trejo y colaboradores (2012). Con los datos de las secuencias se midió la diversidad genética de las plantas de la ciudad, utilizando el programa dnaSP v5 (Librado y Rozas 2009) y se compararon con las plantas silvestres y los cultivares.

Para conocer la procedencia de las plantas de la ciudad, se analizaron las relaciones de parentesco entre las plantas sembradas en la entidad y en las poblaciones silvestres, a través de árboles genealógicos de inferencia bayesiana (Posada y Crandall 1998, Huelsenbeck y Ronquist 2001, Trejo *et al.* 2012). Como grupos externos, se utilizaron las especies *E. cornastra* y *E. heterophylla* por ser especies cercanas y pertenecer a la sección Poinsettia basados en la filogenia de Yang *et al.* (2012).

Los resultados revelan que la diversidad genética presente en las plantas de PyJU (H_d = 0.500±0.265, *Pi* = 0.00130) es casi tan alta como la encontrada en los cultivares (H_d = 0.667±0.204, *Pi* = 0.00173) y un poco más que la mitad presente en las plantas silvestres

Trejo, L. y M.E. Olson. 2016. Diversidad genética y relaciones de parentesco de nochebuenas (*Euphorbia pulcherrima*) sembradas en parques y jardines. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 490-493.

Cuadro 1. Número de colecta, procedencia y haplotipo (H_{cp}) de plantas analizadas. Los estados son de México, exceptuando Sacatepéquez, que se encuentra en Guatemala. En el caso de los cultivares se presenta su nombre de etiqueta comercial basados en su registro de patente (IFI CLAIMS) o de variedad (SEMARNAT).

Especie	No. de colecta	Categoría	Procedencia/cultivar	H_{cp}
E. pulcherrima	1 073	Silvestre	Nayarit	1
	1 071 A	Silvestre	Sinaloa	2
	1 085	Silvestre	Michoacán	3
	1 086	Silvestre	Michoacán	4
	8	Silvestre	Guerrero	5
	68	Silvestre	Morelos	6
	104	Silvestre	Guerrero	8
	60	Silvestre	Guerrero	9
	18	Silvestre	Oaxaca	10
	1 108	Silvestre	Chiapas	11
	56	Silvestre	Guatemala	12
	73	Cultivar	EUA/Sup-JIBIS	5
	74	Cultivar	EUA/Freedom Red	5
	52	Cultivar	México/Rehilete	7
	118	Cultivar	México/Valencia	7
	28	Parque	Álvaro Obregón	5
	28A	Parque	Coyoacán	5
	71	Jardín	Coyoacán	5
	70	Jardín	Coyoacán	7
E. cornastra	61	Silvestre	Guerrero	13
E. heterophylla	63	Silvestre	Jalisco	14

Fuente: elaborado por los autores con la información descrita en el texto.



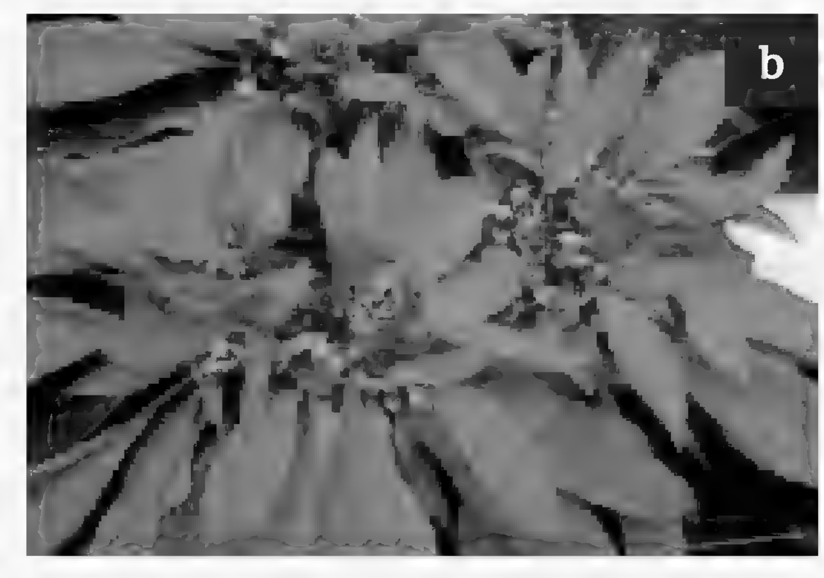




Figura 1. Nochebuenas sembradas en Parques y Jardines Urbanos de la Ciudad de México. *a*) haplotipo 7, *b*) haplotipo 5, *c*) jardín en la Ciudad de México con ambas plantas. Fotos: Laura Trejo.

($H_d = 0.985 \pm 0.040$, $Pi = 0.0107$). En los parques y jardines de la ciudad, se encontraron dos variantes genéticas: el haplotipo 5 y el 7, los cuales están asociados a diferentes poblaciones silvestres y cultivares (cuadro 1, figura 2).

El haplotipo 5 se ha encontrado en cultivares de Estados Unidos y en poblaciones silvestres de Guerrero (Trejo *et al.* 2012). En este trabajo, el haplotipo 5 representó las plantas sembradas en parques y una planta de jardín (cuadro 1, figura 2). Estas plantas podrían ser cultivares de Estados Unidos o plantas silvestres. Es necesario realizar más estudios para conocer la respuesta.

El haplotipo 7 se ha observado en cultivares mexicanos y en el cultivar *Marble Star*. Todas las plantas analizadas en este trabajo fueron de brácteas rojas (hojas de la planta que se pinta de colores) (figura 1). El cultivar *Marble Star* tiene brácteas bicolor salmón y crema, y es de reciente aparición en el mercado (Ecke 2011), por lo cual no fue incluido en el presente trabajo.

No se ha encontrado el haplotipo 7 en ninguna población silvestre, posiblemente porque no se ha colectado, desaparecieron o es una nueva variante genética que surge en los cultivares mexicanos. Debido a la cercanía genética, el haplotipo 7 podría ser del centro de México (Morelos, Guerrero, Ciudad de México). Cabe preguntarse, ¿de dónde provienen los cultivares mexicanos y la planta de jardín de la capital con el haplotipo 7?.

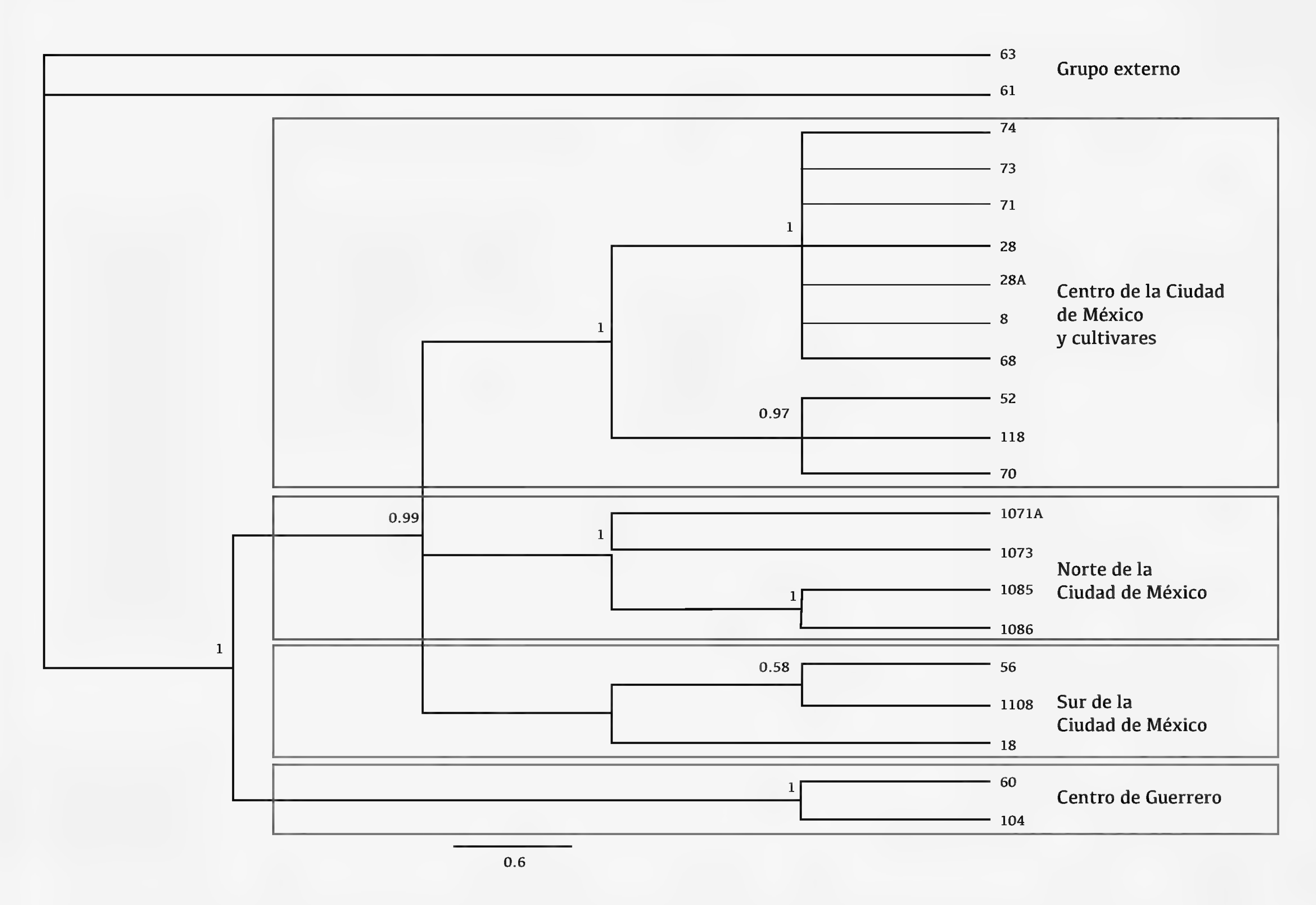


Figura 2. Cladograma de consenso de mayoría a 50% bayesiano, basado en los fragmentos de cloroplasto *psbA-trnH* y *trnG-trnS* (1 554 pb, *K81uf+G*). Los números de colecta (cuadro 1) se presentan al final de cada rama y las probabilidades posteriores se muestran sobre las ramas. Fuente: elaborado por los autores con la información descrita en el texto.

Conclusión

Los resultados obtenidos hacen evidente que, a pesar de contar con una pequeña muestra de plantas sembradas en Parques y Jardines Urbanos, éstas representan más de la mitad de la diversidad genética de *E. pulcherrima*, por lo que el germoplasma ubicado en la entidad podría ser útil para la conservación y mejoramiento genético de la nochebuena.

Es evidente que falta mucho por estudiar para contestar las preguntas que surgieron en esta primera aproximación sobre la diversidad genética y procedencia de las nochebuenas sembradas en la ciudad. Es necesario incrementar la magnitud del muestreo de plantas en la capital y en el centro de México; pero es claro que en las áreas verdes de la región Parques y Jardines Urbanos de la ciudad se encuentra una rica diversidad genética de *E. pulcherrima*.

Agradecimientos

Agradecemos a National Geographic Society CRE concesión 870-09, a CONACYT y a ICYTDF.

Referencias

Ecke, P. 2011. *Poinsettia*. Encinitas, California: Paul Ecke Poinsettias.

Hamilton, M.B. 1999. Tour primer for the amplification of chloroplast intergenic regions with intraspecific variation. *Molecular Ecology* 8:513-525.

Huelsenbeck, J.P. y F. Ronquist. 2001. MrBayes: Bayesian inference of phylogenetic trees. *Bioinformatics* 17:754-755.

Posada, D. y K.A. Crandall. 1998. model test: Testing the model of NA DNA substitution. *Bioinformatics* 14:817-818.

Sang, T., D.J. Crawford y T.F. Stuessy. 1997. Chloroplast DNA phylogeny, reticulate evolution, and biogeography of *Paenoia* (PAENOIACEAE) *American Journal of Botany* 84:1120-1136.

Librado, P. y J. Rozas. 2009. DNASP v5: A software for comprehensive analysis of DNA polymorphism data. *Bioinformatics* 25:1451-1452.

USDA. United States Department of Agriculture y National Agricultural Statistics Service. 2011. Floriculture crops 2010 Summary. U.S. Govt. Printing Office, Washington, d.c.

Taylor, J.M., R.G. Lopez, C.J. Currey y J. Janick. 2011. The Poinsettia: History and transformation. *Chronica Horticulturae* 51:23-27.

Trejo, L., T.P. Feria-Arroyo, K. Olsen, *et al*. 2012. Poinsettia wild ancestor in the Mexican dry tropics: Historical, genetic, and environmental evidence. *American Journal of Botany* 99:1146-1157.

Yang, Y., R. Riina, J.J. Morawetz, *et al*. 2012. Molecular phylogenetics and classification of *Euphorbia* subgenus *Chamaesyce* (Euphorbiaceae). *Taxon* 61:764-789.

Conservación de la diversidad y la cultura del maíz nativo en el suelo de conservación[1]

José Antonio Serratos Hernández
Fernando Castillo González
Takeo Ángel Kato Yamakake
José Luis Gómez Olivares
Carmen Morales Valderrama

Antecedentes

Una breve historia del estudio de la diversidad del maíz ha sido referida por Serratos (2009*a*), quien menciona que sus inicios se remontan, de una forma sistemática y articulada, a finales de los años treinta del siglo pasado. La Academia Nacional de Ciencias y el Consejo Nacional de Investigación de los Estados Unidos formó un Comité para la preservación de las razas indígenas de maíz, que funcionó como coordinador del trabajo de colección y descripción del maíz en el norte, sur y centro de América. En México asesoró a la Oficina de Estudios Especiales de la Secretaría de Agricultura, la cual se encargó de la coordinación y logística del trabajo de campo.

La información del maíz de los países de Latinoamérica fue incorporada al Catálogo del Germoplasma de Maíz del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo (CIMMYT), como parte del Proyecto Latinoamericano de Maíz (LAMP, por sus siglas en inglés). En éste participó el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias (INIFAP), que desde su creación ha tenido la tarea de conservar el maíz de México.

La clasificación del maíz empleada en estos trabajos se basó en la definición de raza propuesta por Anderson y Cutler (citada en Wellhausen *et al.* 1952) como: "un grupo de individuos relacionados, con suficientes características en común para permitir su reconocimiento como grupo". Asimismo, la nomenclatura de "raza local" (en inglés: *landrace*), que se refiere a la asociación del sitio o localidad en la que se cultiva el maíz (ambiente) con sus características raciales (genotipo), es una definición más antigua, usada desde finales del siglo XIX. Ejemplos de esta nomenclatura (Welhausen *et al.* 1952) son la raza Chalqueño, identificada formalmente por primera vez en la región de Chalco-Amecameca; la raza Tuxpeño, colectada en Tuxpan, Veracruz; Celaya, catalogada en la ciudad del mismo nombre en el estado de Guanajuato.

Desde las primeras exploraciones realizadas en México por la Oficina de Estudios Especiales, que datan de 1943, se buscó sistematizar y ordenar la diversidad del maíz. Los análisis moleculares realizados desde finales de los ochenta y hasta el presente han conservado los nombres de las razas y números de catálogo de aquella nomenclatura pionera. Esa información constituye la base del conocimiento de la diversidad del maíz y ha servido como patrón para la descripción de las razas, complementado con los datos de registro y la información de pasaporte de las muestras o

[1] Síntesis de proyectos financiados, en diferentes años, por la Secretaría del Medio Ambiente de la Ciudad de México, el Instituto de Ciencia y Tecnología del Distrito Federal, la Delegación Milpa Alta, la Secretaría del Medio Ambiente y Recursos Naturales, el *Institut de la Recherche et Development*. Además de las instituciones de adscripción de los autores, agradecemos el apoyo, en diferentes años, del Centro Internacional de Mejoramiento de Maíz y Trigo, el Instituto Nacional de Investigaciones Forestales Agrícolas y Pecuarias, el Instituto de Ecología de la unam y el Instituto Nacional de Ecología de semarnat.

Serratos-Hernández, J.A., F. Castillo-González, T.Á. Kato-Yamakake, J.L. Gómez-Olivares y C. Morales-Valderrama. 2016. Conservación de la diversidad y la cultura del maíz nativo en el suelo de conservación. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 494-505.

registros; con los cuales se tiene la identificación exacta del maíz resguardado, lo que evita duplicaciones, sustituciones o pérdidas en los bancos de germoplasma que existen en el país (Serratos-Hernández y Dolores-Fuentes 2014).

Wellhausen y colaboradores (1952) identificaron en México las 25 razas de maíz que hasta el presente han servido como base para los estudios de las relaciones y afinidades entre los diferentes tipos de poblaciones (Casas-Díaz *et al.* 1968, Cervantes *et al.* 1978, McClintock *et al.* 1981, Yakoleff-Greenhouse *et al.* 1982, Doebley *et al.* 1985, Reid *et al.* 1990, Sánchez *et al.* 1992, Arnason *et al.* 1994, Matsuoka *et al.* 2001). Recientemente, la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO) ha sintetizado toda esa información mediante el Proyecto global de maíces nativos, en el que se ha logrado recolectar más de 11 mil muestras de maíz nativo, para conjuntar las más de 22 mil registros de maíz que se tienen en México (CONABIO 2011).

La diversidad genética del maíz en la Ciudad de México no se había estudiado en el medio académico porque en los catálogos de recolección de semilla de maíz mexicano no se realizaron registros durante los años cincuenta, las cuales habían quedado asignadas al Estado de México (LAMP 1991). En el 2002, al reiniciar los esfuerzos de exploración en el suelo de conservación (SC) del sur de la ciudad y con el objetivo de estudiar y proteger el maíz nativo de esta región (Serratos *et al.* 2007; Serratos 2010; GDF 2009*a, b;* CONABIO 2009, 2010), se hizo evidente que las muestras colectadas en los años cincuenta correspondían con las coordenadas de las delegaciones Iztacalco (en la región de Parques y Jardines Urbanos), Tláhuac (Humedales de Xochimilco y Tláhuac), Milpa Alta y Magdalena Contreras (Bosques y Cañadas) (LAMP 1991, CONABIO 2009), como se muestra en la figura 2. En Iztacalco se identificó la raza Chalqueño (MEX327); en Mixquic, Tláhuac, se recolectaron tres poblaciones de razas no identificadas (MEX330, MEX331, MEX370); en Milpa Alta, se colectaron dos poblaciones de Palomero-Milpa (MEX335, MEX336), y en Magdalena Contreras se identificó una población de Chalqueño (MEX125), de las cuales no se registraron coordenadas de localización.

El nuevo impulso a la exploración del maíz nativo en SC de la Ciudad de México se dio de manera inusual. La Ley Ambiental del Distrito Federal (SMA 2000) y la Norma Ambiental para la Agricultura Ecológica (GDF 2003), que buscan implementar tecnología agroecológica y de agricultura orgánica en el suelo de conservación (Tláhuac, Milpa Alta, Xochimilco, Tlalpan, Magdalena Contreras, Álvaro Obregón y Cuajimalpa), establecieron la necesidad de realizar un monitoreo para controlar y prevenir la entrada de organismos genéticamente modificados en las delegaciones del sur de la ciudad (La Jornada, 25 septiembre de 2002). El interés y la preocupación de las autoridades locales surgían de la información publicada en aquellos años en relación con la presencia de maíz transgénico en Oaxaca (Quist y Chapela 2001) y con la directiva de la norma ambiental publicada en la Ciudad de México que prohíbe la siembra, cultivo o almacenamiento de ese tipo de organismos en el SC (GDF 2003).

En el año 2003 se diseñó una investigación para la identificación de proteínas transgénicas en el maíz que se cultiva en la ciudad (Serratos *et al.* 2007). Colateralmente a la detección de maíz transgénico, se encontró que la agricultura del maíz seguía vigente en los pueblos del sur de la entidad, principalmente en la delegación Milpa Alta (Morales y Serratos 2008) y que había una gran variabilidad en las poblaciones de maíz que se cultivaban en el SC, por lo que se iniciaron recolecciones e identificación racial de las poblaciones de maíz (Serratos *et al.* 2007, Morales y Serratos 2008, Serratos 2010).

La publicación del hallazgo de proteínas transgénicas en el maíz cultivado en el SC (Serratos *et al.* 2007) despertó el interés del Instituto Nacional de Ecología (INE), por lo que inició



Figura 1. Poblados principales y lagos de la región Tenochtitlán – Tlatelolco en el año 1519. Fuente: Serratos-Hernández *et al*. 2014.

el análisis y detección de secuencias transgénicas en el maíz de la capital (INE 2008, 2009). Asimismo, la CONABIO financió la recolección de maíz en la entidad para el Banco de Germoplasma de Maíz del INIFAP (CONABIO 2010).

Diversidad de maíz

Con las recolecciones realizadas en los proyectos antecedentes y por medio de taxonomía numérica (clasificación por similitudes o distancias genéticas), se identificaron las razas más características de la Mesa Central como Chalqueño, cónico y cacahuacintle, agrupados como se ilustra en la figura 3*a* y 3*b*. Asimismo, se identificaron los maíces cacahuacintle-palomo, ancho pozolero, palomero, arrocillo, elotes cónicos, elotes chalqueños y algunas variantes de pepitilla, junto con mezclas raciales y complejos. Por su parte, la recolección de Hernández Casillas y colaboradores (2010), registró 53 muestras de maíz de las razas Cónico, Chalqueño, Elotes Cónicos, Cacahuacintle, Ancho y Palomero Toluqueño. En cuanto a la distribución de maíces nativos en el SC, se encontró que en las delegaciones Milpa Alta, Tláhuac, junto con los pueblos de montaña (San Francisco Tlalnepantla) y chinamperos (San Luis Tlaxialtemalco) de Xochimilco, hay un predominio de las razas Elotes Cónicos, Chalqueño y Cónico con tres versiones de color azul, rojo y blanco. En la delegación Tlalpan (San Miguel Topilejo) y hasta Magdalena Contreras (San Nicolás Totolapan), destaca la presencia de cacahuacintles y chalqueño-cónicos de color blanco (figura 2).

Además de la clasificación de las poblaciones de maíz, se llevó a cabo una estrategia de diagnóstico participativo en la cual, mediante material gráfico, los agricultores identificaron el tipo de maíz que han cultivado, almacenado y conservado en sus hogares y parcelas (Morales y Serratos 2008, Serratos 2010, Serratos *et al.* 2011). De esta forma se obtuvo la información directa del agricultor acerca de la diversidad de maíz; por hogar, pueblo, comunidad y región.

La mayor diversidad de maíz en la entidad se encuentra en la delegación Milpa Alta, donde se identificaron 12 tipos de razas locales de acuerdo con la clasificación de los productores campesinos. Le siguen Tlalpan y Tláhuac con 11; Xochimilco con 9 y Magdalena Contreras con 4. Asimismo se encontró que se siembran en promedio alrededor de dos poblaciones de maíz de diferente tipo por hogar. Sólo un productor en Milpa Alta informó que cultiva siete variantes locales diferentes en su parcela (Serratos 2010).

Junto con el maíz nativo conviven alrededor de 10% de poblaciones de maíz, en las que se han asimilado diferentes tipos de híbridos que se catalogan como "acriollados". El maíz acriollado hace referencia a las "razas locales", definidas como las poblaciones del cultivo que son adaptadas por los agricultores a las condiciones ecológicas de su hábitat, por medio de selección dirigida y la acción de la selección natural (Bellon *et al.* 2006). Las variedades acriolladas de maíz se han mezclado durante varios años con las poblaciones de maíz locales en los campos de los agricultores, a través de polinización dirigida por el agricultor o bien por interacción natural del polen nativo y de los híbridos introducidos (Bellon *et al.* 2006).

Se han encontrado poblaciones de teocintle (*Zea mays* subsp. *mexicana*, razas Chalco y Mesa Central), el pariente silvestre más cercano del maíz, distribuidas en suelo agrícola de Milpa Alta, Xochimilco, Tláhuac y Tlalpan, en asociación o cerca de los campos de cultivo de maíz (Serratos 2010). El teocintle conserva su nombre náhuatl, se le conoce localmente como "acece" o "acici" (Serratos 2009*b*) y es considerado una maleza por la mayoría de los agricultores; sin embargo, se han encontrado campos de maíz en Xochimilco y Tlahuac (figura 4) en los cuales se tolera, por costumbres y tradición, algunos cientos de metros cuadrados con poblaciones de teocintle.

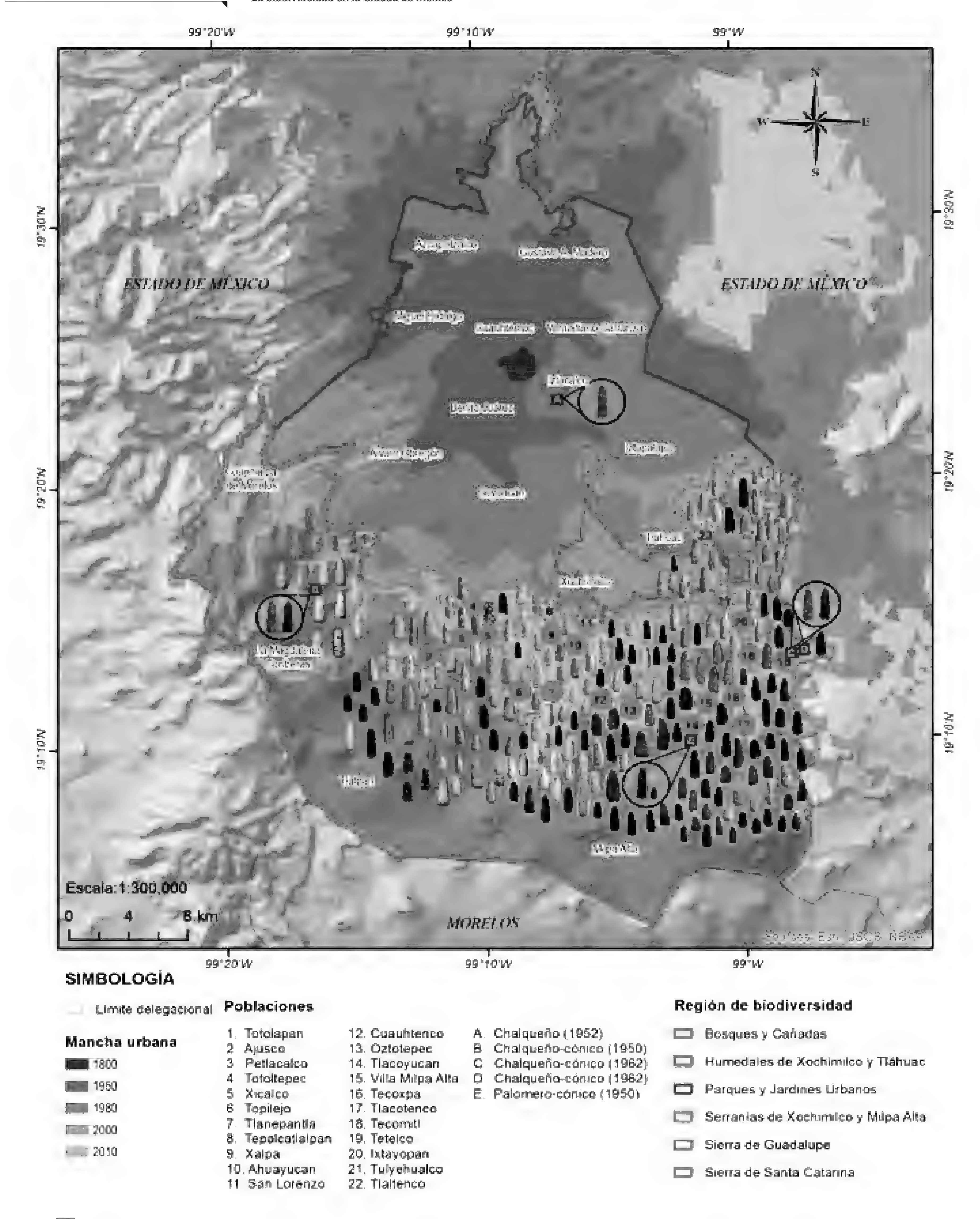


Figura 2. Muestras representativas del maíz en cada región del suelo de conservación, alrededor de los pueblos originarios, estudiados entre 2002 y 2011. Fuente: elaborado por José Antonio Serratos.

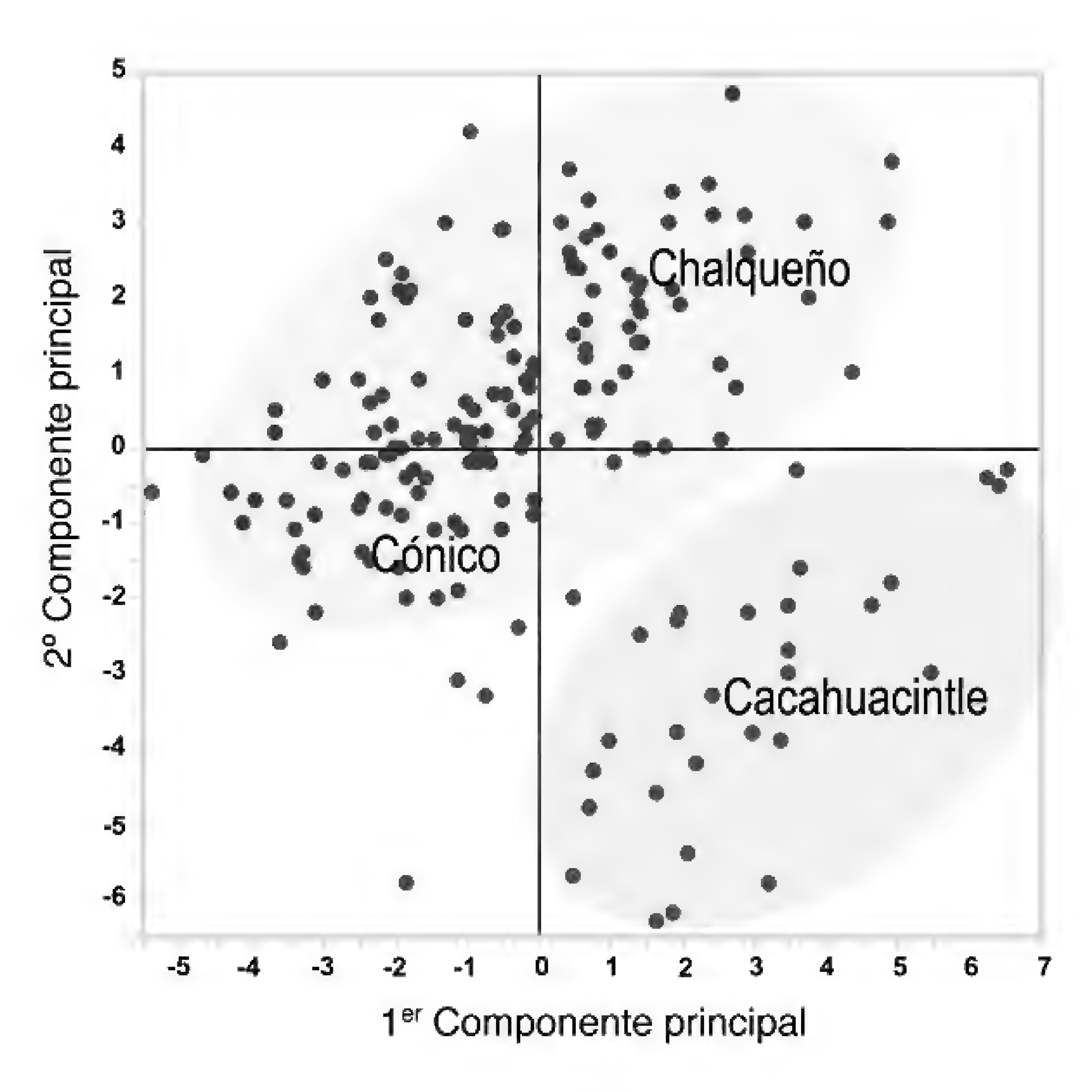


Figura 3*a*. Maíz en las zonas de cultivo de pueblos originarios de la Ciudad de México: Conglomerados, cada punto representa una población de mazorcas colectadas en los predios de los campesinos en SC.
Fuente: elaborado por Fernando Castillo González y José Antonio Serratos Hernández.

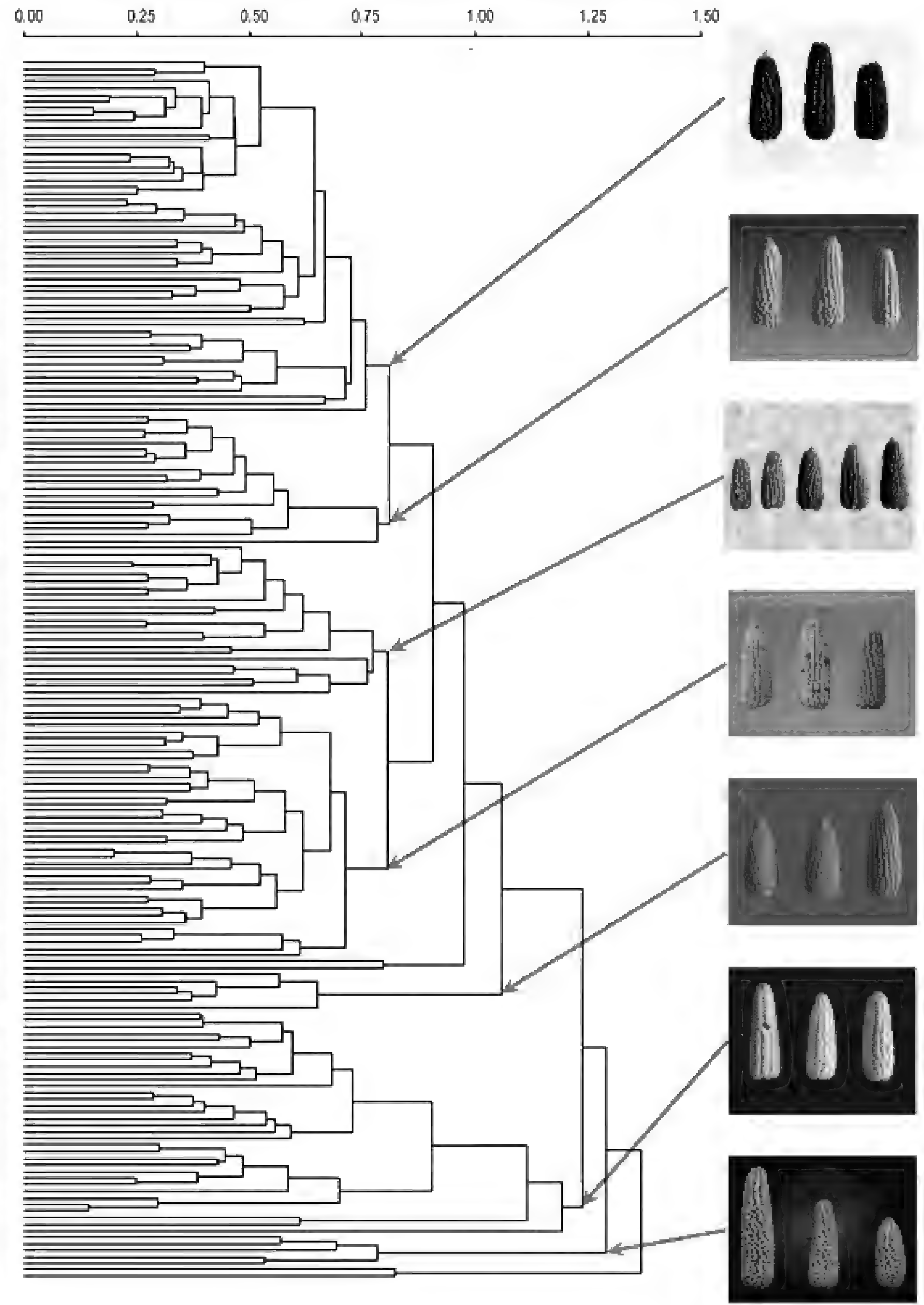


Figura 3*b*. Maíz en las zonas de cultivo de pueblos originarios de la Ciudad de México: Dendrograma de las afinidades entre los grupos de los tipos de maíz colectados. Las fotografías de las mazorcas son representativas de las razas indicadas en el gráfico. Fuente: elaborado por Fernando Castillo González y José Antonio Serratos Hernández.



Figura 4. Predio de un productor en San Juan Ixtayopan, en el que se encuentra teocintle creciendo en los márgenes de la milpa de maíz. Foto: José Antonio Serratos Hernández.

Amenazas

En estudios recientes se ha identificado una serie de amenazas y riesgos para la preservación del maíz nativo de la ciudad y su diversidad genética (Serratos 2010, Serratos *et al.* 2011). Entre los factores que mayor impacto tendrán en la conservación del maíz nativo destacan los siguientes:

1) La disminución del área dedicada a actividades agrícolas en general y al cultivo del maíz en particular

La pérdida de hábitat es el factor principal que ocasiona la reducción de diversidad biológica. En la Ciudad de México, entre 1981 y 2010, se ha perdido área agrícola a una tasa promedio de 342.6 anualmente, disminuyendo en este periodo de 13 966 ha a 5 647 ha (SIAP-OEIDRUS 2011).[2] En el mismo periodo, la producción de maíz disminuyó de 37 890 a sólo 8 829 t métricas por año (1 034.2 t anuales en promedio) y la productividad promedio disminuyó de 2.71 a 1.61 t/ha, con una pérdida promedio por año de 0.47 t/ha (SIAP-OEIDRUS 2011).

2) La disminución en el número de personas que mantienen la actividad agrícola y la diversificación del maíz

Una de las características de los hogares de productores de maíz es que el promedio de edad de las personas que tienen su actividad principal en el campo, en particular en el cultivo del maíz, es de 51 años, y la incorporación de gente joven a la actividad agrícola es muy baja (Serratos 2010, Serratos *et al.* 2011). Ya que la conservación *in situ* depende de que los agricultores lo sigan cultivando, la disminución en el número de agricultores de maíz incrementa el riesgo de perder diversidad agrícola y genética de las especies cultivadas. La diversificación del maíz, que también depende de la actividad de los campesinos,

[2] Todas las estadísticas se calcularon con las bases de datos del sistema siap-oeidrus de sagarpa: <*http://www.campomexiquense.gob.mx/*>

se verá severamente afectada ante la introducción de semillas transgénicas con tecnología patentada, pues la Ley de la Propiedad Industrial (Congreso de la Unión 1991) sanciona el libre intercambio de este tipo de semillas.[3]

3) El deterioro del suelo de conservación

Para desarrollar una actividad agrícola sustentable es necesario mantener un equilibrio adecuado en los ecosistemas agrícolas. Un factor importante en el sostenimiento del ecosistema es el suelo y su manejo ecológico del tipo de labranza cero, rotación e intercalado de cultivos, cubiertas vegetales para prevenir la erosión, uso de biofertilizantes y abonos orgánicos. Los estudios muestran que sólo 15% de los agricultores de maíz encuestados en todo el SC asegura inequívocamente la conservación de los sistemas de multicultivo tipo milpa, por lo que la erosión y el deterioro de la fertilidad del suelo son una constante en la mayor parte del suelo dedicado a esta actividad (Serratos 2010, Serratos *et al.* 2011). De continuar esta trayectoria, es posible que en muy poco tiempo se genere un círculo vicioso de menor productividad, pobreza y abandono del campo.

4) Los asentamientos irregulares en SC y el crecimiento urbano

Los asentamientos irregulares sobre el SC generan crecimiento urbano en pequeña escala que, al demandar recursos para cada uno de esos núcleos de población, van enlazando su extensión hacia otras áreas con mayor urbanización (Serratos 2010, Serratos *et al.* 2011). Por otro lado, factores de crecimiento urbano, como los cambios de uso de suelo (venta de suelo ejidal y comunal) y el desarrollo de vías de comunicación, producen polos de atracción y crecimiento desordenado que disminuyen el suelo agrícola y forestal (Serratos 2010, Serratos *et al.* 2011). La disminución de superficie agrícola, como la mencionada en el punto uno, es un indicativo de que el mayor porcentaje de esa área se ha perdido en favor del crecimiento urbano, como ha sido la constante histórica en la cuenca lacustre desde tiempos prehispánicos hasta el presente, lo que se ilustra en las figuras 1 y 2.

5) Descoordinación de programas institucionales de atención al campo y a la conservación del maíz nativo

En los tres niveles de gobierno, así como en diferentes centros de educación superior e investigación, se han implementado programas y proyectos que atienden las necesidades de los agricultores de la entidad (PRODERSUMA 2008, Programa integral de maíz 2007, PROCAMPO 2009, PROFACE 2009). El problema detectado es que los programas tienen objetivos dispersos y en ocasiones antagónicos. Si bien se ha tratado de conservar el maíz nativo, con variable grado de éxito, un problema que prevalece es el de la generación de programas clientelares con propósitos políticos. Esto divide la atención a los agricultores y evita la convergencia hacia un sendero más coordinado con un objetivo común.

Conservación

La probabilidad de mantener la diversidad de maíz en la Ciudad de México aumenta con el sostenimiento y la promoción de actividades económicas, sociales y culturales relacionadas con el maíz nativo y los productores de la entidad. El mantenimiento del cultivo del maíz en la entidad se sostiene en una economía campesina de autoconsumo y con porcentajes variables de comercialización. Dicho autoconsumo se da en 84.2% de los hogares de los agricultores. Por otro lado, 32.6% de la población de agricultores cubre parte de la demanda de elotes, masa, tamales y hojas de maíz

[2] Artículo 213, fracción xiii, de la ley de propiedad industrial: Sujeto a sanción, "Utilizar procesos patentados, sin consentimiento del titular de la patente o sin la licencia respectiva". Artículo 214, fracción i: "Las infracciones administrativas a esta ley o demás disposiciones derivadas de ella, serán sancionadas con: Multa hasta por el importe de veinte mil días de salario mínimo general vigente en la Ciudad de México".

para algunas de las delegaciones del centro y sur de la ciudad. Casos particulares son los de mujeres de Santa Ana Tlacotenco (Milpa Alta), quienes hacen tortillas para venta en varias zonas de la entidad; pequeñas organizaciones de mujeres de Tlalpan que venden elotes en diferentes ferias de la ciudad; o las productoras que venden maíz para hacer tamales en las festividades de Día de Muertos (Serratos 2010, Serratos *et al.* 2011). Esta demanda de "buenas tortillas", elotes, tamales de masa de maíz rojo y azul, va más allá de los pueblos y representa un incentivo económico adicional para los productores de maíz de la ciudad.

Por encima del factor económico, la preservación del maíz en el SC se fundamenta en elementos culturales como tradiciones alrededor del cultivo que en la mayoría de los pueblos han permanecido a través del tiempo. La gente sigue cultivando "su maíz" sólo porque es una herencia de sus abuelos (Serratos 2010, Serratos *et al.* 2011). En promedio, 67% de los hogares de agricultores conserva y selecciona su semilla desde hace más de 30 años y, en algunos casos, se recuerda la herencia de semilla desde hace varias generaciones a finales del siglo XIX (Serratos 2010, Serratos *et al.* 2011).

Otro elemento cultural es el mantenimiento y realización de ferias relacionadas con el maíz, el elote y la gastronomía. Se pueden citar la Feria del maíz y la tortilla en Santiago Tepalcatlalpan, Xochimilco; la Feria del elote en San Juan Ixtayopan, Tláhuac, y en San Miguel Topilejo, Tlalpan; y la Feria gastronómica y del elote en Santa Ana Tlacotenco, Milpa Alta. Además de los productos tradicionales derivados de la masa y grano de maíz, como atoles, tamales, tortillas o esquites; en estas ferias se pueden encontrar especialidades de la región, como: los tamales de masa de maíz rojo (Chalqueño y Elotes Cónicos), capultamal (tamal de capulín), tamal de ayocote, atole de masa, atole de elote tierno, chileatole verde o rojo, tlacoyo de alverjón, golosinas y postres como los "burritos", elaborados con grano de maíz rojo o azul tostado y garapiñado con piloncillo, "tlaxcales" de mazorca y el pinole azul o rojo (Hernández y Miranda, comunicación personal). En las ferias, fiestas y ceremonias religiosas relacionadas, directa o indirectamente, con el cultivo del maíz participan 35% de los hogares de los productores de maíz encuestados, mientras que 30% o un poco más de éstos, realiza ceremonias en sus parcelas (Serratos 2010, Serratos *et al.* 2011).

Todas las actividades mencionadas anteriormente son elementos que han ayudado y siguen preservando el patrimonio genético del maíz en la entidad. La diversidad de maíz nativo que se ha preservado es un hallazgo de particular relevancia que ha inducido al rescate de este patrimonio, lo que a su vez consolida su reintegración a los bancos de germoplasma como parte del acervo de maíz mexicano. Asimismo, y sobre todo, es importante evitar su extinción y la de los sistemas milperos, así como las tradiciones y la cultura de los que forma parte, que juntos integran el proceso de evolución bajo domesticación del maíz dentro de la Ciudad de México, ante el asedio incesante del crecimiento urbano.

Conclusión y recomendaciones

El crecimiento y la expansión urbana han impactado profundamente tanto al ecosistema como al paisaje del territorio de la ciudad y, en general, al sistema lacustre de la mesa central del Altiplano mexicano; sin embargo, en el caso del maíz nativo, se observa que su sobrevivencia en el área periurbana del SC es un ejemplo natural de agricultura multifuncional ligada no a la mera productividad, sino a dimensiones y funciones sociales relacionadas con tradiciones, ceremonias, especialidades culinarias y al mantenimiento de la economía de los hogares campesinos. En este sentido, la agricultura del maíz nativo en el área periurbana de la megalópolis de la Ciudad de México no sólo ha cumplido la función de preservar la diversidad del maíz, sino que puede ser también un estudio de caso para probar

conceptos, hipótesis y definiciones de la agricultura multifuncional y su relación con la ecología urbana y la agroecología (Hernández y Serratos 2013).

Es importante tomar en cuenta que la incidencia de programas, estudios e instituciones de diferentes niveles de gobierno, pueden estar interfiriéndose unos a otros por diferencias y contradicciones de objetivos y metas particulares de cada uno de ellos. Observamos que, en esta situación se genera una fuerte tendencia al clientelismo de cada una de las instituciones que intervienen en la conservación del maíz nativo y que pueden antagonizar con el objetivo central, planteado en la Declaratoria y en el Programa de protección del maíz nativo en el Distrito Federal (GDF 2009*a*,*b*). Es recomendable que las dependencias de los diferentes niveles de gobierno actúen coordinadamente, como marcan las leyes y normativas del tema, para evitar la creación de una multiplicidad de pequeños programas que interfieren en la generación de un diagnóstico y actividades comunes, para la conservación del maíz nativo en la Ciudad de México.

Referencias

Anderson, E. y H. Cutler. 1942. Races of *Zea mays* I: their recognition and classification. *Annals of the Missouri Botanical Garden* 21:69-88.

Arnason, J.T., B. Baum, J. Gale, *et al*. 1994. Variation in resistance of Mexican landraces of maize to maize weevil *Sitophilus zeamais*, in relation to taxonomic and biochemical parameters. *Euphytica* 74:227-236.

Bellon, M.R., M. Adato y J. Becerril. 2006. Poor farmer's perceived benefits from different types of maize germplasm: The case of ceolization in lowland tropical Mexico. *World Development* 34 (1):113-129.

Casas-Díaz, E., D. Hanson y E. Wellhausen. 1968. Genetic relationships among collections representing three Mexican racial composites of *Zea mays*. *Genetics* 59:299-310.

Cervantes, T., M.M. Goodman, E. Casas-Díaz y J.O. Rawlings. 1978. Use of genetic effects and genotype by environmental interactions for the classification of Mexican races of maize. *Genetics* 90:339-348.

Congreso de la Unión. 1991. Ley de la Propiedad Industrial. Diario Oficial de la Publicada el 27 de junio de 1991 en el Diario Oficial de la Federación. Última reforma publicada el 9 de abril de 2012. Texto vigente.

Hernández Cervantes, T. y J.A. Serratos-Hernández. 2013. Redefining the rural-urban relationship through multifunctional peri-urban agriculture: the case of native maize conservation in mexico city. En: *Multifunctional Agriculture, Ecology and Food Security: International Perspectives*. J. Ram Pillarisetti, R.Lawrey y A. Ahmad (ed.). Nova Publishers, Nueva York.

CONABIO. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 2009. Proyecto: *Actualización del conocimiento y distribución del maíz y sus parientes silvestres en México*. CONABIO.

Doebley, J., M.J. Goodman y C.W. Stuber. 1985. Isozyme variation in the races of maize from Mexico. *American Journal of Botany* 72:629-639.

GDF. Gobierno del Distrito Federal. 2000. Ley Ambiental del Distrito Federal. Publicada el 13 de enero de 2000 en la Gaceta Oficial del Distrito Federal. Texto vigente.

——. 2009*a*. Declaratoria de Protección de las razas de maíz del altiplano de México cultivadas y producidas en suelo de conservación del Distrito Federal. Publicada el 25 de febrero de 2009 en la Gaceta Oficial del Distrito Federal. Texto vigente.

——. 2009*b*. Programa de protección de las razas del altiplano mexicano para el Distrito Federal. Publicada el 29 de octubre de 2009 en la Gaceta Oficial del Distrito Federal. Texto vigente.

Hernández, C. y B. Miranda. 2012. Comunicación personal, en el Seminario Maíz Patrimonio de la Dirección de Etnología y Antropología Social, Universidad Autónoma de la Ciudad de México (UACM) y el Museo Nacional de Antropología.

Hernández-Casillas, J.M, M. De la O Olan y G. Esquivel-Esquivel. 2010. Proyecto: FZ016 Conocimiento de la diversidad y distribución actual del maíz nativo y sus parientes silvestres en México, segunda etapa 2008-2009. CONABIO.

INE. Instituto Nacional de Ecología. 2008. Informe de actividades 2007. SEMARNAT/INE, México. En: <*http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/descarga.html?cv_pub=544&tipo_file=pdf&filename=544*>, última consulta: 13 de febrero de 2014.

——. 2009. Informe de labores 2008. SEMARNAT/INE, México. En: <*http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones/descarga.html?cv_pub=617&tipo_file=pdf&filename=617*>, última consulta: 13 de febrero de 2014.

La Jornada, Sección Capital, 25 de septiembre de 2002. *Autoridades anuncian medidas para evitar la entrada de maíz transgénico a la ciudad*. Bertha Teresa Ramírez. En: <*http://www.jornada.unam.mx/2002/09/25/040n1cap.php?origen=capital.html*>, última consulta: 13 de febrero de 2014.

LAMP. *Latin American Maize Project*. 1991. ARS-USDA/CIMMYT, Pioneer Hi-Bred, Universidad Agraria La Molina.

Matsuoka, Y., Y. Vigouroux, M.M. Goodman, *et al.* 2001. A single domestication for maize shown by multilocus microsatellite genotyping. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 99(9):6080-6084.

McClintock, B., Y.T.A. Kato y A. Blumenschein. 1981. *Chromosome constitution of races of maize. Its significance in the interpretation of relationships between races and varieties in the Americas*. Colegio de Postgraduados, Chapingo, Mexico, CIMMYT/Programa de Recursos Naturales.

Morales Valderrama, C y C. Rodríguez Lazcano (coords). Diario de campo, publicación interna de la Coordinación Nacional de Antropología del Instituto Nacional de Antropología e Historia. INAH/CONACULTA, 52, pp. 68-75.

Morales Valderrama, C., y J.A. Serratos Hernández. 2008. Maíces de los pueblos patrimonio de Milpa Alta.

PRODERSUMA. Programa para el desarrollo rural sustentable de Milpa Alta. 2008. Instituto Nacional de Antropología, Delegación Milpa Alta, uacm/ Grupo Hueycala. México.

Quist, D y I. Chapela. 2001. Transgenic dna Introgressed into traditional maize landraces in Oaxaca, Mexico. *Nature* 414:541-543.

Reid, L., J.T. Arnason, C. Nozzolillo y R. Hamilton. 1990. Taxonomy of Mexican landraces of maize, based on their reisistance to European corn borer, *Ostrinia nubilalis*. *Euphytica* 46:119-131.

Sánchez-González, J.J. y M.M. Goodman. 1992. Relationships among the Mexican races of maize. *Economic Botany* 46(1):72–85.

Serratos-Hernández, J.A., y A.C. Dolores-Fuentes. 2014. Bioseguridad y conservación del maíz nativo en México. En: *El maíz en peligro frente a los transgénicos un análisis integral sobre el caso de México*. E.R. Álvarez-Buylla y A. Piñeyro (coords.), UCCS/CEIICH/FC-UNAM/Universidad Veracruzana.

Serratos-Hernández, J.A., J.L. Gómez-Olivares, N. Salinas-Arreortua, *et al.* 2007. Transgenic proteins in maize in the soil conservation area of Federal District, Mexico. *Frontiers in Ecology and the Environment* 5(5):247-252.

Serratos Hernández, J.A. 2009a. The origin and diversity of maize in the American continent. Greenpeace, México. En: <*http://www.cropwildrelatives.org/resources/publications/books.html*>, última consulta: 3 de mayo de 2016.

——. 2009*b*. *Teozintle* ¿qué es para los pueblos prehispánicos? Pp. 68-75. En: *Desgranando una mazorca. Orígenes y etnografía de los maíces nativos*. C. Morales Valderrama y C. Rodríguez Lazcano (coords.). Diario de campo, publicación interna de la Coordinación Nacional de Antropología del INAH 52.

——. 2010. Proyecto: *Conservación, uso y bioseguridad del maíz nativo del altiplano mexicano por medio de agricultura ecológica en el Distrito Federal*. UACM/ICyT-DF/SMA.

Serratos-Hernández J.A., C. Morales-Valderrama, F. Castillo-González et al. 2014. Conservación y protección del maíz nativo en el Distrito Federal frente a la liberación de maíz transgénico en México. En: *Temas de la antropología mexicana*, Volúmen ii, Academia Mexicana de Ciencias Antropológicas a.c., pp. 287 - 349.

Serratos Hernández, J.A., J. Foyer y F. Thomas. 2011. Proyecto: *Les Suds Aujourd'hui. Nouvelles formes de socialisation du vivant au Sud, biotechnologies et gestion participative de la biodiversité*. UACM/Institut de Rechereche pour le Développement, Francia.

SIAP-OEIDRUS-SAGARPA. Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera-Oficina Estatal de la Información para el Desarrollo Rural y Sustentable del Estado-Secretaría de Agricultura, Gandería, Desarrollo Rural y Recursos Pesqueros. 2013. En: <*http://www.campomexiquense.gob.mx/*>, última consulta: 13 de febrero de 2014.

SMA. Secretaría del Medio Ambiente. 2003. Norma Ambiental NADF-002-RNAT-2002. Publicada el 18 de diciembre de 2003 en la Gaceta Oficial del Distrito Federal. Texto vigente.

Wellhausen, E.J., L.M. Roberts, E. Hernández-Xolocotzin y P.C. Mangelsdorf. 1952. *Races of maize in Mexico*. Bussey Institute, Harvard University (Cambridge).

Yakoleff-Greenhouse, V., E. Hernández-Xolocotzin, C. Rojkind-de-Cuadra y C. Larralde. 1982. Electrophoretic and immunological characterization of pollen protein of *Zea mays* races. *Economic Botany* 36:113-123.

Estudio de caso

Diversidad genética en la fauna silvestre: la lagartija del mezquite y el chipe rojo

María Guadalupe Méndez Cárdenas

Introducción

Los estudios sobre genética de la fauna silvestre del valle de México y en particular de la Ciudad de México son muy escasos, y las publicaciones difundidas abarcan únicamente cuatro especies: el ajolote mexicano (*Ambystoma mexicanum*), el zacatuche (*Romerolagus diazi*) (especies que se encuentran en la NOM-059, en categoría de peligro de extinción (semarnat 2010); véase el estudio de caso en la sección de vertebrados), el chipe rojo (*Ergaticus ruber*) y la lagartija espinosa o del mezquite (*Sceloporus grammicus*). Estas dos últimas especies se describen en el presente capítulo y aunque sólo *S. grammicus* está en la categoría de "protección especial" (SEMARNAT 2010), ambas se consideran especies modelo que ofrece indicios sobre la complejidad existente en los patrones de diversificación de especies, en la Faja Volcánica Transmexicana (FVT) y en particular en el sur de la capital del país.

Dichos estudios dan evidencia de las diferencias en la reconstrucción evolutiva, cuando se utilizan caracteres morfológicos *versus* caracteres genéticos y las diferencias en los índices de diversidad y otros aspectos demográficos.

El conocimiento de la diversidad genética[1] en poblaciones de fauna silvestre es de gran importancia, ya que nos permite comprender el estado de conservación de las poblaciones la función que tiene en la adaptación, en la evolución de las especies, y las consecuencias que tienen la disminución del tamaño de la población y la migración de individuos sobre la diversidad. La genética de poblaciones es parte central de la teoría evolutiva y sus aportes a la biología de la conservación han ido incrementándose e integrándose a una disciplina llamada genética de la conservación (Eguiarte y Piñero 1990).

Desde que se reconoció a la diversidad genética como el nivel basal de la biodiversidad (PNUMA 1992), la genética de la conservación se ha desarrollado de manera exponencial. La conservación por debajo del nivel de especie pretende identificar de manera precisa, unidades de manejo que reflejen la importancia evolutiva de los linajes dentro de las especies y crear programas efectivos para la conservación de las que están en riesgo (Avise y Hamrick 1996). En este sentido, la información genética ofrece una herramienta para definir dichas unidades de conservación y provee un fundamento evolutivo a partir del cual puedan desarrollarse estrategias y concretarse prioridades de conservación (King y Burke 1999, Pertoldi *et al.* 2007).

Conservar la diversidad genética permite mantener la capacidad de respuesta ante la selección, adaptarse a las condiciones medioambientales cambiantes, no sólo asociadas al clima, sino también a la presencia de patógenos

[1] Variación genética de las poblaciones ocasionada por entrecruzamiento, mutación, transferencias horizontales e introgresión.

Méndez-Cárdenas, M.G. 2016. Diversidad genética en la fauna silvestre: la lagartija del mezquite y el chipe rojo. En: *La biodiversidad en la Ciudad de México*, vol. II. CONABIO/SEDEMA, México, pp. 506-517.

y especies invasoras. En el caso de las especies de fauna silvestre en peligro de extinción, en las que se ha decidido la conservación *ex situ*, es necesario evaluar la diversidad genética entre los animales fundadores y llevar un control genético del manejo en cautiverio.

Técnicas moleculares

En general, existen diversas técnicas moleculares que utilizan la información genética tanto del núcleo como de la mitocondria, que permiten analizar la diversidad genética de las especies, por medio de marcadores moleculares y proteínas. Los marcadores que analizan proteínas como las isoenzimas,[2] son útiles como marcadores hereditarios y para cuantificar frecuencias alélicas y genotípicas; para conocer la composición genética de una población, entender los sistemas de reproducción y fecundación cruzada; para analizar la relación fenotipo-genotipo y para reconstruir filogenias, entre otras. Esta técnica se utilizaba desde los años sesenta, sin embargo revela poca variación y es muy laboriosa.

En contraste con la anterior, los marcadores moleculares permiten determinar la variación genética del ADN con un alto grado de precisión y reproductibilidad. Son útiles tanto en la investigación básica para el análisis filogenético y delimitación de especies (David y Nixon 1992), así como en la ciencia aplicada (selección asistida por marcador, pruebas de paternidad y estimación de la diversidad de los recursos zoogenéticos) (Boettcher *et al.* 2010, FAO 2010). También son utilizados en la evaluación del grado de diversidad genética entre individuos silvestres en peligro de extinción (fundadores), que van a ser reproducidos en cautiverio. El avance en el uso de marcadores moleculares permitió una creciente colección de datos genéticos de las poblaciones naturales de especies amenazadas o en peligro y dio cuenta de la relevancia de los factores genéticos, particularmente en casos como la depresión por endogamia (Eguiarte y Piñero 1990, Primack *et al.* 2001).

Los marcadores moleculares que más se han utilizado en fauna silvestre son los de ADN mitocondrial (*mt*); sin embargo, estos solo representan la genealogía heredada de la madre (Avise 2000) y en menor medida han sido utilizados los de ADN nuclear, los cuales deberían utilizarse para interpretaciones más certeras (Avise 2000).

A pesar de que el ADN*mt* ha evolucionado más rápido que el nuclear, el mitocondrial tiene regiones más conservadas (poca variación genética) y menos conservadas (mayor variación genética), que permiten evaluar relaciones genéticas macro y microevolutivas.

La utilización combinada de genes nucleares y mitocondriales, o bien de genes de cromosomas sexuales, nos permite inferir migraciones o introgresión de haplotipos de machos o hembras y también reconstruir filogenias combinadas, que disminuyan el número de hipótesis filogenéticas.

Los distintos marcadores presentan las siguientes ventajas y desventajas: los genes del ADN*mt* resultan útiles para estudiar relaciones evolutivas entre varios taxa, el barcoding ó código de barras[3] de ADN*mt* para identificar especies; entre los marcadores nucleares están los RFLPS[4] estos fueron los primeros marcadores de ADN utilizados en la biología poblacional (Parker *et al.* 1998), los AFLPS[5] los cuales tienen un mayor potencial de diferenciación respecto a los RAPDS[6], pero este último es más simple y barato. Una de las ventajas de los RAPDs es que amplifican regiones codificantes y no codificantes, y revelan niveles de variación más altos que los RFLPs e

[2] Las isoenzimas representan enzimas de diferentes genes cuyos productos catalizan la misma reacción, las aloenzimas representan enzimas de diferentes alelos de un mismo gen y los dos términos se suelen usar indistintamente.

[3] Número combinado de marcadores con segmentos de 600 a 800 pares de bases nucleotídicas, que permiten obtener un perfil del adn a través de un numero combinado de marcadores específicos. Región estandarizada que sirve como etiqueta para la identificación rápida de especies.

[4] Polimorfismos de la longitud de los fragmentos de restricción.

[5] Polimorfismos de longitud de fragmentos amplificados.

[6] Polimorfismos de adn amplificados al azar.

[7] Secuencias simples repetidas e hipervariables de adn.

isoenzimas. Los microsatélites[7] (también llamados STR, SSR, VNTR y SSLP) y los AFLPs, son marcadores altamente poderosos para determinar diversidad genética, los primeros son poco usados para niveles sistemáticos altos, pero son los mejores marcadores para análisis de paternidad o parentalidad y ambos se utilizan para estimar la variación inter e intraespecífica (Arif y Khan 2009). Las técnicas de secuenciación de nueva generación han permitido el uso de los polimorfismos de un solo nucleótido (SNPs), marcadores muy abundantes en el genoma y actualmente son los más utilizados para detectar enfermedades genéticas, especies ganaderas y usados en la genómica funcional, para estudios de asociación amplia del genoma (GWAS) (Manolio 2010, Brachi *et al.* 2011).

Lagartija espinosa o del mezquite (*Sceloporus grammicus*)

El género *Sceloporus* se distribuye desde Estados Unidos hasta Centroamérica y contiene cerca de 80 especies (Bell *et al.* 2003). *Sceloporus grammicus* (figura 1), se distribuye tanto en Estados Unidos de América como en México, y está enlistada en la NOM-059 en la categoría de protección especial (SEMARNAT 2010). Tiene



Figura 1. Lagartija espinosa o del mezquite (*Sceloporus grammicus*). Foto: Carlos Galindo Leal/Banco de imágenes de CONABIO.

especial importancia en los estudios citogenéticos debido a su gran variabilidad cromosómica y relativamente poca variabilidad en las características físicas (divergencia fenotípica), que muestran las distintas poblaciones cromosómicas que existen en el rango de distribución (García-Prieto *et al.* 2000, Dixon 2000, Lara-Góngora 2004). Este taxón se considera un complejo de especies crípticas, lo que significa que estas especies están aisladas reproductivamente de otras, pero no se distinguen morfológicamente más que con análisis específicos. Además, es un excelente modelo para probar hipótesis de diversificación de especies como causa de la evolución cromosomal. Una evidencia del aislamiento reproductivo en este complejo lo presenta Hall (1980). En dicho estudio describe que se encontraban seis o siete razas cromosómicas, en lo que era considerado como una sola especie. Esto apuntaba a que se tenía que resolver la delimitación de especies no sólo con base en la morfología, sino también con base en su variación genética.

En 1991, Arévalo y colaboradores examinaron la evolución de este complejo de especies con base en estudios citogenéticos en 55 localidades del centro de México (Guanajuato, Querétaro, Hidalgo, Michoacán, Puebla, Veracruz, Tlaxcala, Estado de México y Ciudad de México). Fueron analizados 1 383 individuos en 93 localidades y encontraron zonas de hibridación parapátricas[8] adicionales a las reportadas por Porter y Sites (1986). Crearon mapas de distribución de los citotipos,[9] establecieron las relaciones filogenéticas para las razas cromosomales y con base en análisis de distancia genética, identificaron siete grupos principales y un total de siete zonas de hibridación.

Arévalo y colaboradores (1993) examinaron la variación genética y morfológica en *S. grammicus* a lo largo de un transecto altitudinal en la sierra del Ajusco, al suroeste de la Ciudad de México. Colectaron un total de 122 lagartijas en seis localidades, entre 2 350 y 3 350 m y tomaron muestras a cada 200 m de altitud. Para analizar el número cromosómico, caracteres morfológicos y sistemas de proteínas, se examinó una submuestra de 107 animales; asimismo, una selección dentro de esta muestra también fue examinada para sitios de restricción de ADN mitocondrial (*mt*) y ribosomal (*r*).

Este estudio demostró la existencia de tres razas cromosómicas (consideradas especies por Lara 1983) relacionadas a la altitud: bajas (Pedregal de San Angel, 2 350 msnm), intermedias (México-Ajusco 2 600 a 3 000 msnm) y mayores (México-Ajusco y Tianguistengo 3 200 a 3 350 msnm), así como una zona de contacto parapátrico[10] entre las razas de localidades intermedia y de mayor altitud, relacionadas con diferentes ecotonos. El resultado fue un total de seis posibles retrocruzas. Se registró flujo genético entre distintas razas cromosómicas (ahora especies), produciendo híbridos de primera generación que se retrocruzan con la línea parental; esto sucedió varias veces produciendo diferentes niveles de introgresión.

El origen de los contactos entre poblaciones de altitudes intermedias-mayores y altitudes intermedias-bajas, se interpretó como secundario.[11] La introgresión fue asimétrica entre poblaciones de localidades intermedias y bajas, ocasionada por la selección diferencial de hembras hacia machos de mayor tamaño; por ello se encuentra una introgresión de ADN*mt* mayor, de hembras de la raza cromosómica de altitudes intermedias hacia machos de altitudes bajas (Arévalo *et al.* 1993), pero no en forma reversa. Con el ADN*r* se observa una introgresión simétrica entre razas de elevaciones altas e intermedias y encuentran 12 tipos distintos de ADN*r*; su distribución aleatoria sugiere que las secuencias repetidas

[8] Poblaciones que tienen distribución continua en el espacio, pero el flujo genético es modesto, lo que origina divergencia y un posterior aislamiento reproductivo. El flujo génetico es menor que el que se da en la especiación simpátrica y mayor al que se da en la especiación alopátrica.
[9] Razas cromosomales.
[10] Cuando no hay ninguna barrera física concreta para evitar el flujo genético, es decir, la población es continua, pero aun así el apareamiento no es aleatorio.
[11] Cuando dos especies recientemente originadas por un aislamiento genético incompleto entran en contacto y pueden hibridar.
[12] Que no todos los descendientes comparten un mismo ancestro común.

de ADNr, navegan libremente a lo largo del transecto del Ajusco o bien al recombinarse generan nuevos patrones.

En la región central de México se identificaron por lo menos siete zonas geográficas de contacto, en donde se produce hibridación (Arévalo *et al.* 1994), a partir de lo cual se concluye que las razas de altitud mayor son muy distintas de las intermedias y bajas. Las especies de mayor altitud se encuentran aisladas en picos montañosos, lo cual fue corroborado con un análisis filogenético, que muestra que los dos grupos de menor altitud son parafiléticos[12] y que ocurre una introgresión substancial entre estas razas cromosómicas; esto sugiere que el grado de divergencia genética entre las poblaciones de *S. grammicus* que hibridizan, influye de manera significativa en restringir el flujo genético.

En resumen, a comienzos del siglo XXI, la taxonomía del complejo *S. grammicus* no había sido completamente resuelta y los nombres específicos y subespecificos que se aplicaban al taxa podían ser incorrectos (Crother *et al.* 2000). En el 2006 Marshall y colaboradores, realizaron una revisión del complejo

S. grammicus y reanalizaron todos los datos previamente obtenidos (cromosomas, aloenzimas, caracteres morfológicos, haplotipos de ADN mitocondrial y ADN ribosomal analizado por patrones de restricción RFLPs), incluyendo dos localidades más de la ciudad, Xochimilco y Linda Vista (consideradas dentro de la raza cromosómica de baja altitud). Con base en métodos tanto de distancia genética como filogenéticos, encontraron que las poblaciones de esta raza se reconstruyen como especies diferentes. Lo anterior se suma a la gran variabilidad genética al interior de las poblaciones (Arévalo *et al.* 1994) y que nos habla de una alta adaptación local clinal.

Finalmente, en el 2009, Leache y Sites utilizaron genes nucleares para analizar las relaciones filogenéticas y los tiempos de divergencia en el género *Sceloporus* en un total de 53 especies (de las más de 90 que representan al género) y las cuales incluyen a los 19 grupos o complejos de especies. En este estudio se comprobó la hipótesis sobre cómo la evolución cromosómica está relacionada con la diversificación de especies, enriqueciendo así la discusión sobre el concepto de especie y la especie como unidad de conservación y sobre los criterios biológicos utilizados en la conservación.

Chipe rojo (*Ergaticus ruber*)

El complejo *Ergaticus* representa un grupo de aves endémico a los sistemas montañosos de Mesoamérica, donde tradicionalmente se reconocen dos especies: *Ergaticus ruber* (chipe rojo) y *E. versicolor* (chipe rosado). Las poblaciones de *E. ruber* se dividen en tres subespecies circunscritas por sutiles diferencias morfológicas (Navarro-Sigüenza y Peterson 2004). En México, *E. versicolor* es de distribución más restringida, se localiza en el centro y sureste de Chiapas y en el oeste de Guatemala (Curson *et al.* 1995). *E. ruber* (figura 2), se distribuye desde el norte hasta el sur con tres subespecies regionalizadas. La que aquí nos ocupa es la que se distribuye en la FVT, *E. ruber ruber*; las otras dos se encuentran en la Sierra Madre Occidental y en la Sierra Madre del Sur (Curson *et al.* 1995), y aun cuando las tres subespecies muestran marcadas diferencias morfológicas, no se ha hecho una revisión completa del género para reconsiderarlas bajo el concepto evolutivo como especies.

Barrera-Guzmán (2010) estudió las poblaciones de estas dos especies en México (73 individuos para *E. ruber* y seis individuos para *E. versicolor*), en cinco distintas zonas: Oaxaca, Guerrero, Sierra Madre Occidental, Chiapas-Guatemala y en la FVT, la cual incluye muestras de la ciudad que se tomaron de 10 individuos en las siguientes localidades: Cuajimalpa (uno), San Nicolás Totoloapan (tres), Santo

[13] Sibley y Monroe, 1990. Especies que divergen la una de la otra y han permanecido por mucho tiempo separadas geográficamente (alopátricas), con distribuciones que no se superponen; no son subespecies ni tampoco especies bien diferenciadas.



Figura 2. Chipe rojo (*Ergaticus ruber*). Foto: Manuel Grosselet/Banco de imágenes de CONABIO.

Tomás Ajusco (uno), San Lorenzo Acopilco (dos) y, del 2° y 4°, Dinamo de Contreras (tres).

En este estudio se utilizaron tres marcadores mitocondriales (ND2, citocromo b y ATPasa) siendo el citocromo b el más informativo, aun cuando ND2 y la ATPasa mostraron mayor número de haplotipos y fueron más variables. Dado que los genes con una tasa de cambio menor son adecuados para exploraciones filogenéticas más profundas y en este estudio la mejor resolución se obtuvo para los genes de ND2 y citocromo b, el resultado sugiere que las divergencias dentro del complejo *Ergaticus* no son tan recientes como podría esperarse en una superespecie.[13]

Los niveles de diferenciación genética observados en todas las localidades de México, pueden explicarse como resultado del aislamiento de las poblaciones de cada región montañosa, separadas por zonas de tierras bajas que actúan como barreras geográficas y distinguen cuatro linajes como producto de este aislamiento (Barrea-Guzmán 2010).

La menor divergencia se encontró entre las poblaciones de la FVT y Guerrero, una explicación de esto, sugiere la autora, es que estas poblaciones se pueden haber separado en tiempos relativamente recientes y lo que se observa son haplotipos[14] ancestrales, que están coexistiendo debido a un fenómeno de diferenciación incompleta de linajes (Funk y Omland 2003, McKay y Zink 2010). Es difícil proporcionar una explicación para lo que sucede en las montañas de Guerrero, ya que entre esta región y la FVT se encuentra la depresión del Balsas, que constituye una importante barrera para especies montanas (Marshall y Liebherr 2000, Sánchez-González *et al.* 2008).

[14] Variantes de adn o alelos.

[15] Las pruebas evalúan si existe una desviación del modelo neutro, originado por mutación neutra o aleatoria o deriva génica, sin que participe la selección. En la teoría neutral, la mayor parte de la variación molecular no es mantenida por la selección adaptativa.

[16] Cuenta el número de diferencias entre cada par de secuencias en una población y el resultado permite construir un histograma. Los datos se comparan con el modelo de una población en expansión repentina. Con una prueba estadísticamente significativa se prueba si la diferencia entre ambas secuencias no es debida al azar, y se observa gráficamente si las poblaciones experimentaron recientemente un crecimiento exponencial.

La modelación demográfica muestra que las poblaciones de la FVT presentan señales de expansión demográfica, fundamentadas en los valores obtenidos a través de pruebas de neutralidad[15] y distribución *mismatch*;[16] en éstas se observa una distribución unimodal, la cual indica que ha sufrido una reciente expansión (si es multimodal revela un equilibrio demográfico). Asimismo, la falta de estructura genética y los valores relativamente bajos de diversidad genética entre las poblaciones de la FVT son un rasgo característico según Hewitt (1996), de esta reciente expansión demográfica.

La diferenciación incompleta de linajes además tiene que ver con tiempos cortos de divergencia (Elias *et al*. 2007), con la incorporación de genes de una población distinta (hibridación) (Liu *et al*. 2010) o con la presencia de pseudogenes (Rubinoff 2006); esto es, genes que no producen proteínas pero comparten ancestría con un gen funcional que sí las produce. De esta forma, los diferentes linajes aún no se identifican como unidades independientes, por lo que no se pueden considerar una especie diferente; es decir, no han "completado" su coalescencia[17] (Domínguez y Vázquez 2009) y deberá transcurrir un tiempo considerable antes de que estas poblaciones se identifiquen como especies diferenciadas.

La diferenciación de linajes está también condicionada por el tamaño de la población, es decir, una especie que es dividida en dos poblaciones por una barrera, y una de las poblaciones es pequeña. El tiempo que tiene que transcurrir para que califique como unidad evolutiva significativa[18] (ESU) (Moritz 1994, 2002) es mucho menor que en el caso de que la población aislada sea de mayor tamaño (Neigel y Avise 1986). Esto es aún más evidente en términos genéticos, ya que la mayoría de las especies o poblaciones con importancia para la conservación son naturalmente pequeñas, han sufrido un declive en su tamaño, han sido fragmentadas o perturbadas (Pearse y Crandall 2004).

Las poblaciones más jóvenes del complejo *Ergaticus* son aquellas restringidas a la FVT. Dichas poblaciones posiblemente se originaron a partir de un ancestro común proveniente de las montañas de Guerrero hace aproximadamente 348 mil años, cuando ambas regiones estuvieron aisladas por el aumento de las temperaturas durante un periodo interglacial acontecido en el intervalo de 450 a 300 mil años antes del presente (Webb y Bartlein 1992, EPICA 2004) y más tarde se dio la expansión geográfica. El modelo de reloj molecular fue rechazado para todas las topologías filogenéticas, indicando heterogeneidad en las tasas de substitución para las cinco regiones.

Conclusión y recomendaciones

La genética de la conservación deberá ayudar a los tomadores de decisiones para mantener la biodiversidad, a través de la identificación de unidades de conservación, las cuales pueden ser: especies, unidades evolutivas significativas, unidades de manejo, unidades de acción y redes familiares. En el caso de las especies prioritarias, el estatus taxonómico es indispensable y en muchos casos se desconoce; por ello, algunas especies en peligro de extinción pueden estar pasando inadvertidas, o bien especies aparentemente con una distribución amplia y con bajo riesgo pueden en realidad ser complejos de distintas taxa, como el caso de la lagartija del mezquite.

La inclusión incorrecta de diversas especies en una sola especie reconocida deniega la protección de especies en peligro. Finalmente,

[17] La coalescencia es un proceso estocástico de eventos genéticos poblacionales, que determinan la genealogía de genes muestreados y supone que todos los individuos de una población natural coalescen o comparten en un ancestro común. Es un modelo retros pectivo que traza todos los alelos de un gen dentro de una muestra poblacional, hacia un ancestro común más reciente (Hudson 1998, Nordborg 2000).

[18] Población de organismos, considerada distinta, para fines de conservación, este término se puede aplicar a especies, subespecies y razas geográficas, y conlleva tres criterios: 1) separación geográfica actual, 2) diferenciación genética ocasionando restricción del flujo genético en el pasado y 3) características fenotípicas adaptadas localmente, origi nado por diferencias en la selección.

[19] La penetración de alelos específicos de un taxón dentro del intervalo geográfico de otro taxón.

los eventos de hibridación ancestrales y recientes requieren de diferentes análisis moleculares, que incluyan tanto ADN mitocondrial (uniparental) como nuclear (biparental), para evaluar hacia dónde se dirige la hibridación; así como el grado de introgresión[19] y, como consecuencia, plantear diferentes estrategias de conservación.

En cuanto al hecho de identificar unidades de conservación, se debe tener clara la división de la diversidad biológica en dos componentes: aquella resultante del aislamiento histórico y aquella que tiene que ver con la evolución adaptativa (Moritz 2002), y habría que añadir la que tiene que ver con el proceso de hibridación.

Conocer a profundidad la evolución de mecanismos micro (genética de poblaciones y evolución cromosomal) y macroevolutivos (filobiogeografia), tanto a nivel ecológico como molecular, y la relación entre las características genéticas, morfológicas y de ecología de la conducta, con las características del hábitat, permitirá crear estrategias específicas para cada grupo de vertebrados. Para lo anterior es necesario delimitar, con claridad, especies o complejos de especies crípticas y asegurar que se está analizando no una sola especie con valores altos de diversidad genética, sino que en realidad son varias especies o razas que están contribuyendo a dicha diversidad. La combinación de varios marcadores tanto moleculares como fenotípicos, para la reconstrucción filogenética y el análisis genético de poblaciones permitirán una mejor delimitación de las especies.

En la Ciudad de México, es necesario crear proyectos a largo plazo que monitoreen el estado de conservación de especies prioritarias, en las cuales se hayan reportado diferentes niveles de flujo genético entre especies; como en el caso de las lagartijas del mezquite, o bien, con un bajo grado de diferenciación genética entre poblaciones, como es el caso del chipe rojo en la FVT. Estos dos casos representan momentos evolutivos diferentes y requieren de diferentes estrategias de conservación; considerando una movilidad más restringida, para el caso de los reptiles y considerando mayores rutas migratorias, para las aves.

Siendo las poblaciones del chipe rojo en la ciudad un ejemplo del potencial evolutivo de líneas genéticas que aún no se diferencian en nuevas especies, las estrategias deberán estar encaminadas a identificar y mantener los corredores por los cuales se dio la migración entre los linajes Guerrero y FVT, y llevar a cabo estudios para comprender qué factores facilitaron la reciente expansión geográfica, y si dicha expansión es o no la explicación de que ambos linajes aparezcan no diferenciados. Esta información deberá ser tomada en consideración para desarrollar estrategias de conservación para la especie, que a pesar de no estar bajo ninguna categoría de protección, tiene una función importante en los ecosistemas. La existencia de una difusa estructura genética en las poblaciones de *Ergaticus* en la FVT, la cual se considera centro de origen y diversificación de especies, plantea nuevos retos de conservación que van más allá de las delimitaciones geopolíticas.

En las lagartijas espinosas, la delimitación de especies ha sido un reto y aún faltan por estudiar las adaptaciones locales altitudinales desde un enfoque de genómica funcional. Esta comprensión de nuevos mecanismos de evolución a nivel molecular permitirá diseñar mejores planes de conservación en especies. Los estudios sobre la función que tiene la evolución cromosomal como posible promotor de la especiación, requiere de un enfoque transdisciplinario que pueda interrelacionar diferentes tópicos que incluyen los procesos moleculares internos, así como externos; esto es, el tamaño efectivo de las poblaciones, el flujo genético, la estructura metapoblacional y la dinámica poblacional de las zonas hibridas (Sites y Reed 1994). Este tipo de estudios necesitan llevarse a cabo en taxa cromosomalmente politípicas.

Las lagartijas han servido como organismo modelo para estudiar un amplio espectro de

preguntas ecológicas y evolutivas (Pianka y Vitt 2003, Losos 2009, Camargo *et al.* 2010). En la actualidad, se pueden incluir los estudios sobre la restauración de la dinámica metapoblacional. Estos modelos pueden ser aplicados a esfuerzos en una mayor escala para mantener o restaurar corredores para conservar metapoblaciones de depredadores alfa, polinizadores, dispersadores de semillas, así como animales migratorios (Hilty *et al.* 2006, Fraser 2009, Beckman *et al.* 2010); tanto en la escala regional como continental. La idea de proponer políticas de conservación en unidades por debajo del nivel de especie utilizando datos moleculares, cobró importancia significativa cuando se acuñó el concepto de unidades evolutivas significativas (ESU, Ryder 1986). En los noventa, se dio el reconocimiento de las unidades fundamentales de conservación (especies, subespecies y ESU). A la fecha, el análisis de la diversidad genética por arriba del nivel de especie está más o menos bien definido con base en métodos filogenéticos; sin embargo, el representar adecuadamente la diversidad genética por abajo del nivel de especie es un tema aún en discusión, y es precisamente aquí donde la filogeografía puede ser una herramienta importante en la biología de la conservación.

Cabe resaltar que otras especies de vertebrados distribuidos en la entidad, y que son considerados como prioritarios debido a que son especies endémicas y a su estado de conservación, se encuentran en peligro, y aún no se realizan estudios de diversidad genética. Aunque hay algunos estudios sobre la filogenia de dichos géneros (macro), los estudios microevolutivos no existen; por lo tanto, el potencial para su conservación y recuperación es poco claro. Tal es el caso del gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*) de pastizales alpinos (Milpa Alta), especie endémica y clasificada en peligro de extinción (PAOT 2009, SEMARNAT 2010, UICN 2015). Otra especie endémica de México sin estudios genéticos es *Sylvilagus cunicularius* (conejo montés), la cual aún se encuentra en riesgo bajo. En la ciudad de México, una especie endémica y en peligro, es el conejo zacatuche *Romerolagus diazi*, esta especie muestra una mayor diversidad en poblaciones silvestres que en cautiverio (Salomón-Soto *et al.* 2004) y se ha encontrado una alta variabilidad alélica en nueve localidades estudiadas por Ramírez-Silva (2009). Dado que existen líneas genéticas diferenciadas en dichas localidades, se propone que la estrategia de conservación para esta especie debe involucrar la preservación de dichas líneas genéticas identificadas, y la conservación de un hábitat óptimo que favorezca el flujo génetico dentro de las poblaciones de cada localidad.

Entre los anfibios y reptiles también se reportan otras especies amenazadas, como son la rana de Tláloc (*Lithobates tlaloci*, en peligro crítico); la ranita verde (*Hyla plicata*, riesgo bajo); el cincuate o culebra (*Pituophis deppei*, riesgo bajo) y varias especies de salamandras endémicas, como *Chiropterotriton chiropterus* (en peligro crítico), *Pseudoeurycea altamontana* (en peligro) y *P. bellii* (vulnerable) (SEMARNAT 2010, UICN 2015). Con excepción de algunos estudios genéticos en el ajolote *Ambystoma mexicanum*, no existen estudios moleculares para ninguna de estas especies amenazadas o endémicas de la Ciudad de México. El género *Ambystoma* tiene 33 especies de las cuales ocho se encuentran en peligro crítico y cuatro en peligro (UICN 2016). Cuatro especies se han reportado en la Ciudad de México: *A mexicanum*, *A. altamirani* (en peligro crítico), *A. rivulare* y *A. velasci*. La baja diferenciación genética entre 17 especies estudiadas y la falta aparente de un solo origen ha sido interpretada por Recuero y colaboradores (2010), como resultado de una diferenciación incompleta de linajes, o bien, de una derivación reciente (Matías-Ferrara 2006). Aún cuando en las poblaciones silvestres de los lagos de Xochimilco y Chalco y el lago artificial de Chapultepec se encuentra una alta diversidad haplotípica, la divergencia genética fue muy baja. El haplotipo mas diferenciado fue el de Chapultepec y se agrupa

con *A. ordinarium*, lo cual hace pensar que fue una introducción accidental.

Anteriormente se había encontrado que las poblaciones silvestres de Mixquic y Xochimilco, tenia una mayor variabilidad genética que las poblaciones en cautiverio (Graue, 1998). Sin embargo, dado que la cantidad de loci polimorficos es dependiente del tamaño, y la heterocigosis no es un indicador sensible a cuellos de botella, la diversidad alélica y nucleotídica seria un mejor indicador para llevar acabo nuevos estudios que nos informen sobre la distribución espacial de los haplotipos encontrados, así como la diversidad intra e interpoblacional y la delimitación de especies.

Las medidas o estrategias de conservación para dichos vertebrados estarán incompletas, hasta no tener más datos de campo que nos permitan evaluar la diversidad genética poblacional y delimitar claramente a las especies. Además, afrontar los enormes retos que el futuro nos depara exigirá, entre otras cosas, un mejor entendimiento de la dinámica de los genes en situaciones de declive, fragmentación y cambios ambientales sin precedentes.

Las medidas o estrategias de conservación para dichos vertebrados estarán incompletas, hasta no tener más datos de campo que permitan evaluar la diversidad genética poblacional y delimitar claramente a las especies. Además, afrontar los enormes retos futuros exigirá, entre otras cosas, un mejor entendimiento de la dinámica de los genes en situaciones de declive, fragmentación y cambios ambientales sin precedentes. Esta tarea sólo será abordable con un verdadero trabajo multidisciplinario, que exigirá romper las sólidas barreras entre disciplinas y en la que la genética debe jugar un papel clave. Esta tarea sólo será abordable con un verdadero trabajo multidisciplinario, que exigirá romper las tradicionalmente sólidas barreras entre disciplinas y en la que la genética debe jugar un papel clave.

Referencias

Arévalo, E., C.A Porter, A. González, *et al*. 1991. Population cytogenetics and evolution of the *Sceloporus grammicus* (Iguanidae) in Central Mexico. *Herpetological monographs* 5:79-115.

Arévalo, E., G. Casas, S.K. Davis, *et al*. 1993. Parapatric hybridization between chromosome races of the *Sceloporus grammicus* complex (Phrynosomatidae): Structure of the Ajusco transect. *Copeia* 2:352-372.

Arévalo, E., S.K. Davis y J.W. Sites. 1994. Mitochondrial DNA sequence divergence and phylogenetic relationships among eight chromosome races of the *Sceloporus grammicus* complex (Phrynosomatidae) in central Mexico. *Systematic Biology* 43:387-418.

Arif, I.A. y H.A. Khan. 2009. Molecular markers for biodiversity analysis of wildlife animals: a brief review. *Animal Biodiversity and Conservation* 32.1:9-17.

Avise, J.C. 2000. *Phylogeography: The history and formation of species*. Harvard University Press. Cambridge.

Avise, J.C., y J.L. Hamrick. 1996. *Conservation genetics: case histories from nature*. Chapman & Hall, Nueva York.

Barrera-Guzmán, A.O. 2010. *Patrones de variación geográfica del género Ergaticus (Aves: Parulidae)*. Tesis de maestría, UNAM, México.

Bell, E.L., H.M. Smith y D. Chiszar. 2003. An annotated list of the species-group names applied to the lizard genus *Sceloporus*. *Acta Zoologica Mexicana Nueva Serie* 90:103-174.

Beckman J.P., A.P. Clevenger, M.P. Huijser y J.A. Hilty (eds.). 2010. *Safe Passages. Highways, wildlife, and habitat connectivity*. Island Press, Washington.

Boettcher P.J., M. Tixier-Boichard, M.A. Toro, *et al*. 2010. Objectives, criteria and methods for using molecular genetic data in priority setting for conservation of animal genetic resources. *Animal Genetics* 41(1)64-77.

Brachi, B., G.P. Morris y J.O. Borevitz. 2011. Genome-wide association studies in plants: the missing heritability is in the field. *Genome Biology* 12:232.

Crother, B.I., J. Boundy, J.A. Campbell, *et al*. 2000. Scientific and standard English names of amphibians and reptiles of North America north of Mexico, with comments regarding confidence in our understanding. *Society for the Study of Amphibians and Reptiles Herpetological Circular* (29):I-IV, 1-82.

Curson, J., D. Quinn y D. Beadle. 1995. *New world warblers*. Christopher Helm Publishing Company, Londres.

David, J.I. y K.C. Nixon. 1992. Populations, genetics variation, and the delimitation of phylogenetics species. *Systematics Biology* 41:421-435.

Dixon, J.R. 2000. *Amphibians and reptiles of Texas. With keys, taxonomic synopses, bibliography, and distribution maps*. Texas A & M University Press, College Station, College Station, Texas.

Domínguez–Domínguez, O. y E. Vázquez–Domínguez. 2009. Filogeografía: aplicaciones en taxonomía y conservación. *Animal Biodiversity and Conservation* 32:59-70.

Eguiarte, L. y D. Pinero. 1990. Genética de la conservación: leones vemos, genes no sabemos. Pp. 371-398. En: *Ecología y conservación en México*: 34-47. *La evolución biológica*. IE/UNAM/CONABIO. Ciencias. Número especial 4

Elias, M., R.I. Hill, K.R. Willmott, *et al*. 2007. Limited performance of DNA barcoding in a diverse community of tropical butterflies. *Proceedings of the Royal Society* 274:2881-2889.

EPICA. European Project for Ice Coring in Antartica. Community members. 2004. Eight glacial cycles from an Antarctic ice core. *Nature* 429:623-628.

FAO. Food and Agriculture Organization of the United Nations. 2010. La situación de los recursos zoogenéticos mundiales para la alimentación y la agricultura. B. Rischkowsky Dafydd Pilling. En: <*http://www.fao.org/docrep/012/a1250s/a1250s. pdf*>, última consulta: 26 agosto 2015.

Fraser, C. 2009. *Rewilding the World. Dispatches from the conservation revolution*. Henry Holt and Co., Nueva York.

Funk, D.J. y K.E. Omland. 2003. Species-level paraphyly and polyphyly: frequency, causes, and consequences, with insights from animal mitochondrial DNA. *Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics* 34:397-423.

García-Prieto, C., M.R. McKeller y M.J. McCoid. 2000. Status of the northernmost *Sceloporus grammicus* population. *Herpetological Review* 31:95-96.

Graue, V. 1998. Estudio genético y demográfico de la población del anfibio *Ambystoma mexicanum* (Caudata: Ambystomatidae) del lago de Xochimilco. Tesis de Doctorado. UNAM, México.

Hall, W.P. 1980. Chromosomes, speciation and evolution of Mexican iguanid lizards. *National Geographic Society. Research Report* 12:309-329.

Hewitt, G.M. 1996. Some genetic consequences of ice ages, and their role in divergence and speciation. *Biological Journal of the Linnean Society* 58:247-276.

Hilty, J.A., W.Z. Jr. Lidicker, A.M. Merelender. 2006. *Corridor ecology. The science and practice of linking landscapes for biodiversity conservation*. Island Press, Washington.

Hudson, R.R. 1990. Gene genealogies and the coalescent process. Pp. 1-44. En: *Oxford surveys in evolutionary biology*: D. Futuyma y J. Antonovics (eds.). Oxford Univ. Press, Oxford.

King, T.L., y T. Burke. 1999. Special issue on gene conservation: identification and management of genetic diversity. *Molecular Ecology* 8:S1-S3.

Lara-Góngora, G. 2004. A new species of *Sceloporus* (Reptilia, Sauira: Phrynosomatidae) of the *grammicus* complex from Chihuahua and Sonora, Mexico. *Bulletin of the Maryland Herpetological Society* 40(1):1-41.

Leaché, A.D. y J.W. Sites, Jr. 2009. Chromosome evolution and diversification in North American *Spiny Lizards* (*Genus Sceloporus*). *Cytogenet Genome Research* 127:166-181.

Manolio, T.A. 2010. Genomewide association studies and assessment of the risk of disease. *The New England journal of Medicine*. 363 (2):166-176.

Marshall, C. y J. Liebherr. 2000. Cladistic biogeography of the Mexican transition zone. *Journal of Biogeography* 27:203–216.

Marshall, J.C., E. Arévalo, E. Benavides, *et al*. 2006. Delimiting species: comparing methods for mendelian characters using lizards of the *Sceloporus grammicus* (Squamata: Phrynosomatidae) complex. *Evolution* 60(5):1050-1065.

Matías-Ferrer, N. 2006. Diferenciación genética y sistemática de las especies A*mbystoma altamiranoi, A. leorae, A. rivulare, A. zempoalense*. Tesis de maestría, UNAM, México.

McKay, B.D. y R.M. Zink. 2010. The causes of mitochondrial DNA gene tree paraphyly in birds. *Molecular Phylogenetics and Evolution* 54:647-650.

Moritz, C. 1994. Defining "evolutionarily significant units" for conservation. *Trends in Ecology and Evolution* 9:373-375.

Moritz, C. 2002. Strategies to protect biological diversity and the evolutionary processes that sustain it. *Systematic Biology* 51:238–254.

Navarro-Sigüenza, A.G y A.T. Peterson. 2004. An alternative species taxonomy of the birds of Mexico. *Biota Neotropica* 4:1-32.

Neigel, J.E. y J.C. Avise. 1986. Phylogenetic relationships of mitocondrial DNA under various demographic models of speciation. Pp. 515-534. En: *Evolutionary processes and theory*. E. Nevo y D. Karlin (eds.). Academic Press, Nueva York.

Nordborg, M. 2000. Coalescent theory. Pp. 1-37. En: *Handbook of statistical genetics*. D.J. Balding, M.J. Bishop y C. Cannings (eds.). John Wiley & Sons, Londres.

PAOT. Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Gobierno del Distrito Federal. 2009. Estudio sobre la superficie ocupada en áreas naturales protegidas del Distrito Federal. PAOT, México.

Parker, P.G., A.A. Snow, M.D. Schug, *et al.* 1998. What molecules can tell us about population: choosing and using a molecular marker. *Ecology* 79:361-382.

Pearse, D.E. y K.A. Crandall. 2004. Beyond F_{ST}: Analysis of population genetic data for conservation. *Conservation Genetics* 5:585-602.

Pertoldi, C., R. Bijlsma y V. Loeschcke. 2007. Integrating population genetics and conservation biology: merging theoretical, experimental and applied approaches (Potsdam, Germany). *Conservation Genetics* 8:1267-1268.

Pianka, E.R. y L.J. Vitt 2003. *Lizards: windows to the evolution of diversity*. Univ, California Press, Berkeley.

PNUMA. Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente. 1992. Convenio sobre la Diversidad Biológica. En: *<https://www.cbd.int/doc/legal/cbd-es.pdf>*, última consulta: 12 de mayo de 2016.

Porter, C.A. y J.W. Sites. 1986. Evolution of the *Sceloporus grammicus* complex (Sauria: Iguanide) in Central Mexico: Population cytogenetics. *Systematic Zoology* 35:334-358.

Primack, R. 2001. Problemas de las poblaciones pequeñas. Pp. 363-383. En: *Fundamentos de conservación biológica*. R. Primack *et al.* (eds.). FCE, México.

Recuero, E., J. Cruzado-Cortés, G. Parra-Olea y K.R. Zamudio. 2010. Urban aquatic habitats and conservation of highly endangered species: the case of Ambystoma mexicanum (Caudata: Ambystomatidae). *Annales Zoologici Fennici* 47: 223-238

Rubinoff, D. 2006. Utility of mitochondrial DNA barcodes in species conservation. *Conservation Biology* 20:1026-1033.

Ryder, O.A. 1986. Species conservation and systematic: the dilemma of subspecies. *Trends in Ecology and Evolution* 1:9-10.

Ramírez-Silva, J.P. 2009. Diversidad genética entre las poblaciones del conejo Zacatuche (*Romerolagus diazi*). Tesis de doctorado, UNAM, México.

Sánchez-González, L.A., J.J. Morrone y A.G. Navarro-Sigüenza. 2008. Distributional patterns of the Neotropical humid montane forest avifaunas. *Biological Journal of the Linnean Society* 94:175-194.

SEMARNAT. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2010. Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010. Publicada el 30 de diciembre de 2010 en el Diario Oficial de la Federación. Texto vigente.

Sites Jr., J.W. y K.M. Reed. 1994. Chromosome evolution, speciation, and systematics: some relevant issues. *Herpetologica* 50:237-249.

Sibley, C.G. y Jr. B.L Monroe. 1990. *Distribution and taxonomy of the birds of the world*. Yale University Press, New Haven.

Salomón-Soto, V.M., J.L. Contreras-Montiel, P.D. Matzumura y C.G. Vásquez-Peláez. 2005. Estimación de la variabilidad genética en el teporingo (*Romerolagus diazi*) en cautiverio. *Veterinaria México* 36: 119-126.

UICN. Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza. 2015. Threatened red list 2012. En: *<http://www.iucnredlist.org>*, última consulta: 26 de agosto de 2015.

Webb, III.T. y P.J. Bartlein. 1992. During the last 3 million years: climatic controls and biotic responses. *Annual Review of Ecology and Systematics* 23:141.

Anexo fotográfico



Bosque de Tlalpan, Ciudad de México. Foto: Laura de L. Cárdenas Flores/
Banco de imágenes de CONABIO.



Rascador rayas verdes (*Arremon virenticeps*). Foto: Manuel Grosselet/ Banco de imágenes de CONABIO.



Víbora de cascabel transvolcánica (*Crotalus triseriatus*). Foto: Iván Montes de Oca Cacheux/Banco de imágenes de CONABIO.



Ecosistema acuático. Foto: Iván Montes de Oca Cacheux/Banco de imágenes de CONABIO.



Lagartija escamosa (*Sceloporus anahuacus*). Foto: Iván Montes de Oca Cacheux/Banco de imágenes de CONABIO.



Cosmos (*Cosmos bipinnatus*). Foto: Iván Montes de Oca Cacheux/Banco de imágenes de CONABIO.



Gorrión serrano (*Xenospiza baileyi*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/ Banco de imágenes de CONABIO.



Hongo tecomate de moscas (*Amanita muscaria*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Lagartija espinosa de collar (*Sceloporus torquatus*). Foto: Carlos Galindo Leal/Banco de imágenes de CONABIO.



Chinche hemiptera. Foto: Roberto Arreola Alemón/Banco de imágenes de CONABIO.



Agave (*Agave* sp.). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Cacomixtle norteño (*Bassariscus astutus*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Araña lince (*Peucetia viridans*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Tlacuache (*Didelphis virginiana*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Culebra café coronada (*Rhadinaea laureata*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Murciélago trompudo (*Choeronycteris mexicana*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Murciélago hocicudo mayor (*Leptonycteris nivalis*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Víbora de cascabel (*Crotalus molossus nigriscens*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Rana del pedregal. Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Culebra de collar (*Diadophis punctatus*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Dalia (*Dahlia coccinea*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Garza morena (*Ardea herodias*). Foto: Iván Montes de Oca Cacheux/Banco de imágenes de CONABIO.



Candelero americano (*Himantopus mexicanus*). Foto: Iván Montes de Oca Cacheux/Banco de imágenes de CONABIO.



Gorrión cantor (*Melospiza melodia*). Foto: Iván Montes de Oca Cacheux/ Banco de imágenes de CONABIO.



Gallareta americana (*Fulica americana*). Foto: Laura Rojas Paredes/Banco de imágenes de CONABIO.



Humedal de Xochimilco. Foto: Laura Rojas Paredes/Banco de imágenes de CONABIO.



Garza blanca (*Ardea alba*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Rana arborícola (*Hyla eximia*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Chinanpas, Xochimilco. Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Tecolote rítmico (*Megascops* sp.). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Costurero pico largo (*Limnodromus scolopaceus*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Culebra listonada del sur mexicano (*Thamnophis eques*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Zambullidor con cría (*Podilymbus podiceps*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Garzón (*Ardea alba*) y Gallareta (*Fullica americana*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Comadreja (*Mustela frenata*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Pato mexicano (*Anas platyrhynchos diazi*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Gavilán pescador (*Pandion haliaetus*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/ Banco de imágenes de CONABIO.



Viveros de Coyoacán, Ciudad de México. Foto: Carlos Christian Garcia Cruz/Banco de imágenes de CONABIO.



Xochiquetzal paplotl (*Pterourus multicaudatus*). Foto: Carlos Galindo Leal/Banco de imágenes de CONABIO.



Flor de la pasión (*Passiflora quadrangularis*). Foto: Laura de L. Cárdenas Flores/Banco de imágenes de CONABIO.



Cara de niño (*Stenopelmatus* sp.). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.



Velo de duelo (*Nymphalis antiopa*). Foto: Carlos Galindo Leal/Banco de imágenes de CONABIO.



Araña saltarina, familia Salticidae. Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/ Banco de imágenes de CONABIO.



Alacrán (*Aejovis mexicanus*). Foto: Miguel Ángel Sicilia Manzo/Banco de imágenes de CONABIO.

La biodiversidad en la Ciudad de México
Volumen II

Se terminó de imprimir en 2016
en Corporación Mexicana de Impresión, S.A. de C.V. COMISA
General Victoriano Zepeda No. 22, Col. Observatorio 11860,
Ciudad de México
Se imprimieron 1738 ejemplares


9 786078 328710


CONABIO




CDMX
CIUDAD DE MÉXICO

